U.PORTO

MESTRADO
MULTIMÉDIA - ESPECIALIZAÇÃO EM CULTURA E ARTES

Arte & ciência — Como a Tecnologia CRISPR pode ser utilizada para que estas áreas, com percursos históricos diversos coalesçam num objeto que assuma na sua natureza a dimensão artística e a dimensão científica, renunciando a sua grandeza representativa.

Ana Paula Oliveira Rosas

M
2022

Orientador: Bruno Sérgio Gonçalves Giesteira Ph.D.

Coorientador: Júlio Borlido Santos M.D.

FACULDADES PARTICIPANTES:

FACULDADE DE ENGENHARIA
FACULDADE DE BELAS ARTES
FACULDADE DE CIÊNCIAS
FACULDADE DE ECONOMIA
FACULDADE DE LETRAS

© Ana Paula Oliveira Rosas, 2022

Arte & ciência —

Como a Tecnologia CRISPR pode ser utilizada para que estas áreas, com percursos históricos diversos coalesçam num objeto que assuma na sua natureza a dimensão artística e a dimensão científica, renunciando a sua grandeza representativa.

Ana Paula Oliveira Rosas

Mestrado em Multimédia da Universidade do Porto

Aprovado em provas públicas pelo Júri:

Presidente: Vitor António dos Reis de Almeida (Ph.D.)

Vogal Externo: Maria Manuela Carvalho De Sousa Lopes (Ph.D.)

Orientador: Bruno Sérgio Gonçalves Giesteira (Ph.D.)

Coorientador: Júlio Borlido Santos (M.D.)

Shall I compare thee to a summer’s day?

Thou art more lovely and more temperate:

Rough winds do shake the darling buds of May,

And summer’s lease hath all too short a date;

Sometime too hot the eye of heaven shines,

And often is his gold complexion dimm’d;

And every fair from fair sometime declines,

By chance or nature’s changing course untrimm’d;

But thy eternal summer shall not fade,

Nor lode possession of that fair thou ow’st;

William Shakespeare

Sonnet 18: Shall I compare thee to a summer´s day

Blue new aroma

endlessly gene mutation

Nature is reborn

Ana Rosas

Resumo

Na era da manipulação genética a sociedade deve estar implicada na projeção de futuros possíveis. A Arte promove, por inerência, espaços conceptuais, heterodoxos e polissemânticos, nos quais a especulação de cenários possíveis permitem explorar futuros. Contudo as complexidades crescentes das técnicas científicas contrariam o potencial de concriação, em particular com a arte.

Pensar a integração da ciência no movimento criativo artístico, e vice-versa, representa uma visão e um modo de ser e estar primordial e poderá expandir-se para além da mera integração de tecnologias intrínsecas à atividade científica no processo criativo artístico. Nesse sentido, partindo da obra de arte *The Garden of Earthly Delights*, de Hieronymus Bosch, e através de uma imersão num laboratório que usa correntemente a tecnologia *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* (CRISPR), propusemo-nos perscrutar as possibilidades de concriação entre a esfera artística e científica. O estudo da obra de Bosch e a sua implicação, no contexto científico, pela conceptualização das possibilidades da tecnologia CRISPR, forneceu-nos insights sobre os pontos de contacto entre estas áreas de produção de conhecimento.

Este estudo permitiu-nos concluir que há uma predominância da perceção da mente sistemática em relação à especulativa no pensamento científico. A intuição é substituída por micro intuição e a certeza só se atinge pelo método rigoroso, a evidência, que resulta da recolha de dados objetivamente, e é condição da conclusão. Por outro lado, observa-se uma instrumentalização recíproca das áreas de saber em benefício próprio.

O percurso experiencial que propomos no desenrolar do presente trabalho, bem como os trabalhos de autor aqui referidos, são prova da necessidade de existência de mais espaços e oportunidades de concriação. A comunicação de ciência poderá estabelecer as pontes necessárias ou criar, alicerces essenciais ao reencontro destes dois mundos.

Palavras-Chave

Arte, Ciência, CRISPR, Estética, Perceção, Criatividade, Interpretação, Concriação, Ética, i3S.

Abstract

In the age of genetic manipulation society must be involved in the projection of possible futures.

Art promotes, by inerence, conceptual, heterodox and polysemantic spaces, in which speculation of possible scenarios allows us to explore the future. However, the increasing complexities of scientific techniques go against the concreation potential, in particularly with art.

Thinking about the integration of science in the artistic creative movement, and vice versa, represents a vision and a primordial way of being that can expands itself beyond the integration of technologies intrinsic to scientific activity in the artistic creative process.

In this sense, starting from the artwork *The Garden of Earthly Delights*, of Hieronymus Bosch, and through an immersion in a laboratory that currently uses the *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* technology (CRISPR), we propose to peer into the possibilities of concreation between the artistic and scientific sphere. The study of Bosch's work and its implication, in the scientific context, by the conceptualization CRISPR technology possibilities, provided us insights of contact points between these areas of knowledge production.

This study allowed us to conclude that there is a predominance of systematic mind perception in relation to the speculative one in scientific thought. Intuition is replaced by micro-intuition and certainty is only reached by the rigorous method, the evidence, which results from objectively collecting data, and conclusion condition. On the other hand, there is a reciprocal instrumentalization of the areas of knowledge for their own benefit.

The experiential path that we propose in the course of this work, as well as the works of author mentioned here, are proof of the need for more spaces and opportunities for concreation. Science communication can establish the necessary bridges or create essential foundations for the reunion of these two worlds.

Keywords

Art, Science, CRISPR, Aesthetics, Perception, Creativity, Interpretation, Concreation, Ethics, i3S.

Agradecimentos

O desenvolvimento de uma tese envolve um longo processo de planeamento e reflexão ao qual se segue o momento da escrita. Este último é solitário, mas o primeiro só prospera na multiplicidade e na interação com outras mentes, ideias e pensamentos. Como uma orquestra.

A acompanhar-me tive o privilégio de contar com Professor Bruno Giesteira, que me encorajou e guiou numa exploração que, por entre a estranheza, curiosidade e fascinação, sem o seu contributo, discernimento e sabedoria seria certamente menor.

O comité da minha tese integrou também o Dr. Júlio Borlido, do Instituto de Investigação e Inovação em Saúde (i3S), e a sua equipa. A todos devo reconhecimento pela generosidade com que, se aproximaram das minhas ideias e as agigantaram com a sua experiência, pontos de vista e conhecimento das suas áreas de especialização.

A todos os Professores agradeço os desafios que me propuseram. Permitiram-me momentos de enlevo a cada descoberta.

Aos colegas de mestrado com os quais aprendi a reconhecer os meus limites e a superá-los.

Afonso: obrigada pela autenticidade.

Rita, Joana, Luís, Pedro: obrigada pela presença.

Alexandra: obrigada pelo entusiasmo.

Finalmente à minha família mais próxima que sempre me nutriu desde o primeiro pulsar de coração e sempre me apoiou em todas as decisões. Mãe: tu defines a generosidade e a delicadeza. Pai: a ti devo tudo. COM PROFUNDO AMOR.

Índice

1. Introdução 27

1.1 Contexto/Enquadramento/Motivação 29

1.2 Problema(s), Hipótese(s) e Objetivos de Investigação 29

1.3 Metodologia de Investigação 30

1.4 Contribuição 30

1.5 Estrutura da Dissertação 31

1.6 Arte 35

1.6.1 ... e a Estética 35

1.6.2 ... e o Sublime 43

1.6.3 ... e Perceção Visual 45

1.6.4 … de Hieronymus Bosch 47

1.6.5 Discussão 51

1.7 Arte e Ciência 52

1.7.1 A Criatividade 52

1.7.1.1 Estudos de caso 55

1.7.1.1.1 Pensamento criativo na Arte: “St John the Baptist”; “The Wood Has Hears, the Field Eyes” — Hieronymus Bosch 55

1.7.1.1.2 Pensamento criativo na Ciência: “DNA Double Helix” — Watson e Crick 67

1.7.2 A Interpretação 78

1.7.2.1 Na Arte 78

1.7.2.1.1 Estudo de caso: The Cana Triptych—Hieronymus Bosch 80
1.7.2.2 Na Ciência 89
1.7.2.2.1 Estudo de caso: "Feynman Diagrams" — Richard Feynman 90
1.7.3 Representação, manipulação e criação da imagem 93
1.7.3.1 A Imagem, um caso particular 96
1.7.3.2 Estudo de casos 97
1.7.3.2.1 Robert Hooke 98
1.7.3.2.2 György Kepes 101
1.7.4 Concriação 102
1.7.4.1 Estudo de caso: The Romantic Disease —Anna Dumitriu 106
1.7.4.2 Estudo de caso: OBJECTIVITY — Nurit Bar-Shai 108
1.7.4.3 Estudo de caso: The Garden of Earthly Delights — Anna Rierola 111
1.7.5 Concriação no i3S 116
1.7.6 Discussão 119
1.8 Coedição com a Natureza 120
1.8.1.1 Porque é que algumas sociedades tomam decisões desastrosas? 126
1.8.2 A manipulação genética pode reverberar nas próximas gerações 129
1.8.2.1 Viver com condições genéticas 130
1.8.3 Existem lugares para onde nunca ninguém olhou 132
1.8.3.1 Caso de Estudo: O Reino Sintético— Alexandra Daisy Ginsberg 133
1.8.4 Discussão 137
1.9 CRISPR 138
1.9.1 Potencial artístico da tecnologia CRISPR 141
1.9.1.1 Biotechnology from the Blue Flower 141
1.9.1.1.1 Discussão— Biotechnology from the Blue Flower 142
1.9.2 Discussão 143
1.10 Hieronymus Bosch e CRISPR 144
1.10.1 The Garden of Earthly Delights — Hieronymus Bosch 146
1.10.1.1 Paradise 150
1.10.1.2 Garden 158
1.10.1.3 The Apocalypse 173
1.10.2 Novo olhar sobre The Garden of Earthly Delights—CRISPR 182
2. Metodologia 191

2.1 Recolha de dados 198
2.2 Entrevistas 199
2.3 KJ Technique 199
3. Resultados 200
3.1 Análise qualitativa dos dados recolhidos (entrevistas) 200
3.1.1 Identificação temas e conceitos iniciais 200
3.1.1.1 Criatividade 200
3.1.1.2 Estética 201
3.1.1.3 Intuição 202
3.1.2 Classificação casos 203
3.1.3 Construção de um índice 203
3.1.4 Marcação de dados 205
3.1.5 Classificação de dados 207
3.1.5.1 Criação de gráficos temáticos e análise descritiva 207
3.1.5.1.1 Criatividade 207
3.1.5.1.2 Estética 209
3.1.5.1.3 Intuição 211
3.1.5.1.4 Pensamento e investigação artística 212
3.1.5.1.5 Pensamento e investigação científica 212
3.1.5.1.6 Concriação e colaboração 214
3.1.5.1.7 Ética e sociedade 215
3.2 Análise qualitativa dos dados recolhidos (KJ technique) 216
4. Discussão 219
5. Conclusões e Trabalho Futuro 221
5.1 Satisfação dos Objetivos 221
5.2 Trabalho Futuro 222
5.2.1 Descrição detalhada 223
6. Referências 226
7. Apêndices 241

8. Anexos 262

Lista de Figuras

Figura 1— *Jheronimus van Aken, The Garden of Earthly Delights Triptych c. 1490-1500, Grisaille; Oil, height:185.8 cm, width:172,5cm (wing) 76,5 cm, inv. no. P002823 Madrid, Museo Nacional del Prado ©Photographic Archive Museo Nacional del Prado* xxvi

Figura 2— *Modelo anatómico olho, início séc. XIX, W. & S. Jones ©Anatomy: Exploring the Human Body* 46

Figura 3— *Livro de armas Illustre Lieve Vrouwe Broederschap © Brabants Historisch Informatie Centrum BHIC* 48

Figura 4— *Crucifixion with Saints and Donor, Bosch (1480) Brussels, Musées royaux des Beaux-Arts de Belgique/Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België, inv. no. 6639* 49

Figura 5— *St John the Baptist (in Meditation), posterior a 1488, Madrid, Fundación Lázaro Galdiano* 57

Figura 6— *St John the Baptist (in Meditation), technical studies (from up left to bottom right: original; infrared photography (IRP); x-ray; infrared reflectography (IRR)) © Bosch Research & Conservation Project* 58

Figura 7— *Adoration of the Magi with Donors— Right inner wing-St Agnes with Female Donor, c. 1496/97 Madrid, Museo Nacional del Prado inv. no. 2048 ©Museo Nacional del Prado* 60

Figura 8— *Detalhe The Wood Has Ears, the Field Eyes, c.1502-1505, © Staatliche Museen zu Berlin, Kupferstichkabinett, KdZ 549* 62

Figura 9— *Detalhes de corujas na obra de Hieronymus Bosch © Bosch Research and Conservation Project's Bosch Monograph* 64

Figura 10— "*De opere quinte diei", Liber chronicarum, Hartmann Schedel © University of Cambridge Digital Library* 66

Figura 11— *ADN © National Human Genome Research Institute* 68

Figura 12— *Bacteriophage T4 © David Gregory & Debbie Marshall* 70

Figura 13— *Picture 51 Rosalind Franklin © King's College London Archives* 71

Figura 14— *Linus Pauling —Triple-chain structure © Oregon State University* 74

Figura 15— "*A Structure for DNA" — 1953 © Wellcome Collection* 75

Figura 16— *DNA — arquivo de Francis Crick © Wellcome Collection* 75

Figura 17— *Detalhe artigo Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid WATSON, J. D., CRICK, F. H. C. ©Nature* 77

Figura 18— " *On the rivers and regions of the earth" — Barthélemy l'Anglais, Livre des propriétés des choses, c.1470, Paris, Bibliothèque Nationale* 81

Figura 19— *Detalhe The Ship of Fools, c.1500-1510 Paris, Musée du Louvre, inv. no. RF 2218* 83

Figura 20— *Detalhe coruja The Ship of Fools, c.1500-1510 Paris, Musée du Louvre, inv. no. RF 2218* 83

Figura 21— *An Allegory of Intemperance, c. 1500-1510 New Haven, Yale University Art Gallery, inv. no. 1959.15.22* 84

Figura 22— *Reconstrução The Wedding at Cana with Exempla ("The Cana Triptych"), c.1500-1510* 85

Figura 23— *Death and the Miser, c.1500-1510, Washington, National Gallery of Art, Samuel H. Kress Collection, inv. no. 1952.5.33* 88

Figura 24— *Diagrama Feynman (Interação fundamental) © American Physical Society* 91

Figura 25— *Observação microscópica carvão, Robert Hooke © The Royal Society* 99

Figura 26— *Branches © estate of György Kepes (Imre Kepes and Juliet Kepes Stone)* 101

Figura 27— *"Where There's Dust There's Danger" © Anna Dumitriu* 107

Figura 28 — *Padrão típico formado pela bactéria Paenibacillus dendritiformis num substrado duro e sem alimento © Ben-Jacob* 108

Figura 29— *Objectivity— Bacteria growth on 3d planes © Nurit Ba-Shai* 109

Figura 30 — *Comportamento social da bactéria Paenibacillus vortex © Nurit Bar-Shai* 110

Figura 31—*The Garden of Earthly Delights, Anna Rierola © Anna Rierola* 112

Figura 32—*3D Structure p53 © Protein Data Bank* 113

Figura 33— *Detalhe proteína p53 e do Sistema Respiratório da Drosophila melanogaster, The Garden of Earthly Delights, Anna Rierola © Anna Rierola* 114

Figura 34— *The Breath of Life, Anna Rierola © Anna Rierola* 115

Figura 35— *Return to Dilmun, Günter Seyfried, Roland van Dierendonck, Hansjörg Petschko e Federico Muffatto,* 117

Figura 36— *Return to Dilmun — SgRNAs, Cas9 nuclease* 118

Figura 37 —*Human Embryo ©Yorgos Nikas/SPL* 121

Figura 38 —*Embryos cultured as part of in vitro fertilization can be screened for genetic diseases. © SPL* 123

Figura 39—*Ruthie Weiss* 130

Figura 40—*David Sanchez* 131

Figura 41— *Reino sintético © Alexandra Daisy Ginsberg 2009* 135

Figura 42—*Reino sintético interações © Alexandra Daisy Ginsberg* 135

Figura 43 —*Proteína CRISPR Cas9 a editar a dupla hélice do ADN© Innovative Genomics Institute* 139

Figura 44 —*Sistema CRISPR © Innovative Genomics Institute* 140

Figura 45 —*Chicory Plants grown from Protoplasts ©Anna Dumitriu* 142

Figura 46 —*The Garden of Earthly Delights (exterior: Creation of the World up to the Third Day) Madrid, Museo Nacional del Prado inv. no. 2823 © Museo Nacional del Prado* 145

Figura 47— *"De opere tercie diei", Liber chronicarum, Hartmann Schedel © University of Cambridge Digital Library* 147

Figura 48—*Detalhe Tapestry Alexander the Great © Palazzo Doria-Pamphilii, Génova* 148

Figura 49— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Paradise—Fountain—, Madrid, Museo Nacional del Prado* 151

Figura 50— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Paradise—Giraffe—, Madrid, Museo Nacional del Prado* 153

Figura 51— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Refletografia Infravermelha Paradise Panel, Madrid, Museo Nacional del Prado ©Photographic Archive Museo Nacional del Prado* 154

Figura 52— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Paradise, Madrid, Museo Nacional del Prado* 155

Figura 53 — *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Paradise—Afloramento rochoso—, Madrid, Museo Nacional del Prado* 157

Figura 54— *Detalhe Fra Mauro mappae, c.1459, Biblioteca Marciana, Veneza* 158

Figura 55— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, detalhe Garden Panel, Madrid, Museo Nacional del Prado* 160

Figura 56—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, detalhe Garden Panel, Madrid, Museo Nacional del Prado* 161

Figura 57—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe— Fountain— Refletografia Infravermelha Garden Panel, Madrid, Museo Nacional del Prado ©Photographic Archive Museo Nacional del Prado* 162

Figura 58— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Garden, Madrid, Museo Nacional del Prado* 163

Figura 59— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Garden —left owl—, Madrid, Museo Nacional del Prado* 166

Figura 60— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Garden —right owl—, Madrid, Museo Nacional del Prado* 166

Figura 61- *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Garden (A Wheel of Senses), Madrid, Museo Nacional del Prado* 167

Figura 62— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Garden—sense of taste—, Madrid, Museo Nacional del Prado* 169

Figura 63—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Garden Unknown Fruit, Madrid, Museo Nacional del Prado* 171

Figura 64—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Garden Floating Fruit, Madrid, Museo Nacional del Prado* 172

Figura 65—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Apocalypse —Fire—, Madrid, Museo Nacional del Prado* 174

Figura 66—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Apocalypse —Musical Instruments—, Madrid, Museo Nacional del Prado* 175

Figura 67— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Apocalypse —Birdman—, Madrid, Museo Nacional del Prado* 177

Figura 68— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Apocalypse —Armed Knight—, Madrid, Museo Nacional del Prado* 178

Figura 69—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Corporal Punishment — Garden, Madrid, Museo Nacional del Prado* 178

Figura 70— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Human Suffering — Garden, Madrid, Museo Nacional del Prado* 179

Figura 71— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Butterfly — Garden, Madrid, Museo Nacional del Prado* 179

Figura 72—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Moth— Apocalypse, Madrid, Museo Nacional del Prado* 180

Figura 73—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Cavernous Church— Apocalypse, Madrid, Museo Nacional del Prado* 181

Figura 74—*Tabela retirada do artigo Engineering a palette of eukaryotic chromoproteins for bacterial synthetic biology (Liljeruhm et.al., 2018)* 185

Figura 75—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Cardo— Garden, Madrid, Museo Nacional del Prado* 185

Figura 76—*Estudo I expressão cromoproteínas* 186

Figura 77— *Estudo II expressão cromoproteínas* 186

Figura 78—*Estudo III* 186

Figura 79—*Estudo IV* 186

Figura 80—*Estudo V* 187

Figura 81—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Three heads heron—Paradise, Madrid, Museo Nacional del Prado* 188

Figura 82—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Fish—Paradise, Madrid, Museo Nacional del Prado* 188

Figura 83—*Duplicação aleatória eixo dorsoventral embrião © i3S —Vertebrate Development and Regeneration* 189

Figura 84—*Arabidopsis thaliana (thale cress) embryos imaged with confocal microscopy. Honorable Mention, 2009 Olympus BioScapes Digital Imaging Competition ®* 190

Figura 85 —*Newborn © Anish Kapoor 2019* 201

Figura 86 —*Criatividade* 207

Figura 87 —*Atributos identificados da criatividade* 209

Figura 88—*Propriedades identificadas da estética* 210

Figura 89 — *Pensamento artístico* 212

Figura 90 — *Pensamento científico* 213

Figura 91—*KJ1 (pormenor)* 218

Figura 92—*KJ2 (pormenor)* 218

Figura 93—*KJ5 (pormenor)* 218

Figura 94 —*KJ Technique* 249

Lista de Tabelas

Tabela 1—*Critérios pesquisa inicial* 192

Tabela 2—*Pesquisa na base de dados NIH* 193

Tabela 3—*Resultado pesquisa na base de dados NIH* 194

Tabela 4—*Pesquisa na base de dados Nature Portfolio* 195

Tabela 5—*Análise de artigo* "How to shape a productive scientist-artist collaboration" 195

Tabela 6— *Análise de artigo* "All my art is curiosity-driven': the garden studio where art and physics collide" 196

Tabela 7—*Análise de artigo* "ART GRAFT: PUTTING AN 'A' INTO 'STEMM'" 196

Tabela 8— *Critérios pesquisa avançada* 197

Tabela 9—*Casos* 203

Tabela 10 —*Índice* 203

Tabela 11 —*Marcação dados — Criatividade* 205

Tabela 12 —*Marcação dados — Estética* 205

Tabela 13 —*Marcação dados —Intuição* 205

Tabela 14 —*Marcação dados — Mente e investigação científica* 206

Tabela 15 —*Marcação dados — Mente e investigação artística* 206

Tabela 16 —*Marcação dados — Concriação e colaboração* 206

Tabela 17 —*Marcação dados — Ética e sociedade* 206

Tabela 18 —*Criatividade* 250

Tabela 19 —*Criatividade transformativa* 251

Tabela 20 —*Estética* 252

Tabela 21 —*Intuição* 253

Tabela 22 —*A mente e a investigação científica* 254

Tabela 23 —*A mente e a investigação artística* 255

Tabela 24 —*Concriação e colaboração* 256

Tabela 25 — *Concriação, colaboração, ética e sociedade* 259

Tabela 26 —*Tecnologias* 260

Abreviaturas e Símbolos

GHD	The Garden of Earthly Delights by Hieronymus Bosch
CRISPR	Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats
DNA/ADN	Ácido Desoxirribonucleico
PGD	*Preimplantation Genetic Diagnosis*
Easy PGD	*Easy Preimplantation Genetic Diagnosis*
QI	Coeficiente de Inteligência
hESCs	*human Embryonic Stem Cells*
RNA	Ácido ribonucleico
PCR	Polymerase Chain Reaction
FEP	Free Energy Principle
BOLD	Blood Oxygen Level Dependent
fMRI	Functional magnetic resonance imaging
CJ	Critique of Judgment
FD	Feynman Diagrams



Figura 1— *Jheronimus van Aken, The Garden of Earthly Delights Triptych c. 1490-1500, Grisaille; Oil, height:185.8 cm, width:172,5cm (wing) 76,5 cm, inv. no. P002823 Madrid, Museo Nacional del Prado ©Photographic Archive Museo Nacional del Prado*

1. Introdução

A arte não reproduz o visível; torna visível.

— Paul Klee

In her (nature's) inventions nothing is lacking, and nothing is superfluous.

— Leonardo da Vinci

A cognição do mundo origina o estado de perpétuo de transformação da Humanidade.

Cada época da civilização cria a Arte que lhe é própria (Kandinsky, 2010). A definição do que é a Arte é sempre dada pelo que foi outrora, legitimada no que se tornou e projetando-se no que poderá ser, na sua expansão exponencial. Assumindo a impossibilidade de classificação da arte com uma identidade ininterrupta e dedutível, torna-se necessário o reconhecimento de sua essência e natureza distintiva (Adorno, 2011).

Na era da **G**enética, interessa-nos investigar se o universo **C**ientífico e suas manifestações criativas, em particular na área das ciências biológicas, influenciam a natureza da obra de **A**r**T**e.

A escolha de Hieronymus Bosch justifica-se porque a sua produção acontece no advento do Renascimento e, porque Bosch "set for himself in trying to depict the ongoing transformations of the natural world and of human behavior" (Carroll, 2022). A era entre o gótico tardio e o início do renascimento, foi também uma era de transição que deu origem a inúmeras descobertas científicas que resultaram na invenção do mundo pintado de Hieronymus Bosch, que pulula de invenções de fauna e flora fantásticas que quer pela distorção de escala, hibridização de espécies ou pela implausibilidade, constituem uma visão de um mundo com origem na sua imaginação.

Para além da interpretação da obra de Hieronymus Bosch, *The Garden of Earthly Delights* c. 1490-1500 investigamos o processo intelectual criativo de Bosch e especulamos sobre o mundo criado por Bosch, "Everywhere in the Garden panel one is provoked to explore the kinship between art and nature…nature's capacity for artfull construction and of painting's capacity to rival nature in inventive fabrication" (Carroll, 2022), integrando a tecnologia *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* (CRISPR) e suas implicações éticas e estéticas.

Supondo que o objeto artístico não é indiferente à inflexão causada por este conceito, pretendemos, ao colocar o cérebro entre dois paradigmas, e desenhando uma nova orientação do nosso olhar, identificar denominadores comuns e imaginar possibilidades multidisciplinares de concriação Arte e Ciência, em perfeita simetria, ou num equilíbrio intencional e procurado.

A recolha de dados para esta investigação aconteceu em três tempos com a mobilização de instrumentos diversos. Realizamos pesquisas exploratórias, de modo a determinar e delimitar os pontos de contacto entre Arte e Ciência e de pesquisa descritiva, pela observação, em laboratório, de investigadores do *Instituto de Investigação e Inovação em Saúde* (i3S), da *Universidade do Porto*.

Concluímos esta fase, de investigação, pela delimitação dos conceitos: Criatividade, Interpretação, Representação pela imagem e investigamos o espaço conceptual da arte e da ciência identificando as tangências nas suas narrativas. Validadas as condições de investigação realizamos a revisão sistematizada da literatura (Metodologia).

Seguiram-se estudos de caso de concriação entre arte e ciência sendo que os critérios de seleção das obras de arte foram proximidade com a Biologia. Desta pesquisa derivaram as nossas hipóteses de investigação:

A tecnologia CRISPR[1] pode ser utilizada para tornar tangível o pensamento criativo em arte?

É possível tornar tangível a ideia original que emana do pensamento criativo em simultâneo como objeto de arte e de ciência?

1 Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats

A fase que se seguiu implicou a elaboração de entrevistas (Apêndices) e sua aplicação aos grupos de interesse identificados e, a realização de uma KJ Technique a investigadores do i3S.

1.1 Contexto/Enquadramento/Motivação

Entender os processos de concriação e conjugá-los motivaram esta investigação centrada na obra *The Garden of Earthly Delights* de Jheronimus van Aken, permitindo-nos avaliar e projetar o futuro, na era da genética, excluindo os limites tecnológicos impostos à possibilidade de tornar *vivus* a ideia original de emana do pensamento criativo artístico. Ousada na forma e com novas implicações éticas a afirmação apresenta-se assimétrica na expressão da ciência que o objeto representa.

As perguntas formuladas na mente dos cientistas e dos artistas, como resposta às suas inquietações, podem coexistir? A matriz que valida o método científico limita a arte ou por outro lado permite-lhe liberdade? A criatividade artística concorre para o instante extraordinário da descoberta?

1.2 Problema(s), Hipótese(s) e Objetivos de Investigação

Pretendemos investigar a singularidade em que a simetria, ainda que frágil, da arte se une à ciência. Pensar a integração da ciência no movimento criativo artístico, e vice-versa, representa uma visão e um modo de ser e estar primordial e poderá expandir-se para além da mera integração de tecnologias intrínsecas à atividade científica no processo criativo artístico. A produção de arte em laboratório representa uma translação válida, mas não explora ou expande o potencial da relação dos pensamentos artístico e científico. A identificação de valores comuns nestas áreas de produção em composição com as idiossincrasias permitir-nos-á estabelecer o contorno do nosso objeto de estudo.

Neste contexto fixamos as nossas hipóteses de investigação:

A tecnologia CRISPR[2] pode ser utilizada para tornar tangível o pensamento criativo em arte? É possível tornar tangível a ideia original que emana do pensamento criativo em simultâneo como objeto de arte e de ciência?

1.3 Metodologia de Investigação

Formuladas as questões de investigação escolhemos como método de investigação o método indutivo.

Na fase inicial, da revisão de literatura, o nosso objetivo consistiu em contextualizar a investigação no binómio arte—ciência. Inicialmente removemos duplicados e selecionamos os estudos cujo título e resumo pertencem ao tema. Seguiu-se uma seleção mais fina após análise do conteúdo dos estudos e que nos permitiu determinar a relevância[3] para referenciação no nosso estudo.

A extração de dados resultou na identificação de palavras-chave e descritores que, pela sua frequência, nos permitiram reavaliar a nossa posição e identificar a literatura relevante em áreas afins — perceção visual, interpretação, estética, criatividade e ética.

1.4 Contribuição

Esta investigação pretende considerar obras de arte, na paisagem contemporânea da produção artística, que se aproximam do universo científico e tecnológico, ainda que o façam de um modo exploratório e não intencional, mas que representam um movimento em que a arte se acerca da ciência. Pretendemos identificar as variáveis que favorecem a colaboração entre territórios com construções aparentemente inconciliáveis.

2 Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats

3 Utilizamos um sistema simples de classificação, $[1,5]$ em que 1— *pouco relevante* e 5— *muito relevante*.

Ambicionamos aferir a validade desta proposição e consequentemente extrapolar, do privilégio da concriação entre cientistas e artistas, a possível preeminência de um novo significado e contexto criativo.

1.5 Estrutura da Dissertação

Para além da Introdução esta dissertação contém mais 7 capítulos. Na introdução abordamos conceitos nas áreas da estética, perceção visual, criatividade, interpretação, arte e ciência, concriação i3S e finalmente, a tecnologia CRISPR que combinados documentam princípios teóricos e tecnológicos que suportam as nossas decisões e o desenho metodológico implementado para testar as nossas hipóteses.

Especificamente, no subcapítulo 1.6, intitulado:Arte, abordamos, em termos gerais, alguns tópicos importantes da filosofia estética e do valor e propriedades do belo e do sublime na arte e ciência. Consideramos as ideias de Belo, Belo Natural e Belo Artístico, Sublime e os significados que assumem na experiência estética e na aquisição de conhecimento.

As narrativas visuais de Bosch da obra *The Garden of Earthly Delights* pretende ilustrar a sequência dos dias da criação, segundo a visão de Deus, descrita no livro dos Géneses, mas reconciliando-a com narrativas[4] de filósofos e pensadores em particular a ideia de Primitivismo e Golden Age em Platão (c. 400 a.C.), e *The History of Animals* de Aristóteles (c. 350 a.C.). Metodologicamente estas referências na obra de Bosch implicaram o estudo da estética nestes dois autores. Referimos, com brevidade, os autores na origem da estética moderna. Avocamos ainda a obra de Immanuel Kant pois os seus textos fornecem uma visão relacional entre a imaginação e o entendimento cruciais em investigação científica.

A sucessão de momentos que constituem o julgamento do que é belo e as suas implicações na mente, em particular na mente criativa e suas obras, permitem-nos olhar a arte como experiência que começa numa obra, nos únicos termos em que podia começar, mas que continua no sujeito que

4 Do caos surgiram os quatro elementos, ar, fogo, água e terra a partir dos quais todas as coisas forma criadas (Carroll, 2022).

a observa e nas alterações que provoca no seu cérebro. O pensamento que ecoa na biologia do nosso organismo, ou que dela deriva, implica o modo como mapeamos, com imagens, o ambiente que nos rodeia e como através da sua derivação das atuamos no mundo, em particular com produção artística. A breve linha de pensamento apresentada no território de atuação desta investigação, não sendo contínua, nem consensual reflete o domínio da estética ainda em estado indeterminado: "The beautiful prepares us to love disinterestedly something, even nature itself; the sublime prepares us to esteem something highly even in opposition to our own (sensible) interest" (Crawford, 2001).

Neste capítulo contextualizamos as circunstâncias da vida de Bosch, enfatizando uma das suas obras, *Crucifixion with Saints and Donor,* de modo a vislumbrarmos a inovação que a sua obra representa na história da arte. Abordamos ainda o sistema de valores ético e social de Hieronymus Boch de modo que possamos interpretar a sua obra como uma unidade. A sua axiologia não sendo única expressa a sua independência intelectual e explora as possibilidades latentes em cada narrativa que propõem. Analisámos, numa perspetiva dialética de inovação e criatividade e, em simultânea pertença a um contexto cultural e ético com seus símbolos, narrativas textuais e visuais, as obras *St John the Evangelist*; *The Cana Triptych* e finalmente *The Wood Has Hears, the Field Eyes*. Nesta análise incluímos algumas referências que são comuns à obra *The Garden of Earthly Delights*, preponderante para esta investigação.

No subcapítulo 1.7, intitulado:Arte e Ciência, a ligação entre arte e ciência torna-se aparente no estudo da criatividade — na exploração de espaços concetuais e a capacidade de estabelecer novas ligações entre ideias. Os estudos de caso apresentados, na área da ciência —ADN— estão solidamente enraizados em trabalhos anteriormente desenvolvidos quer por James Watson e Francis Crick, quer por outros atores da mesma área de investigação ou similares. As informações mobilizadas já existiam não correspondendo, portanto a um salto no pensamento criativo divergente. Do ponto de vista cognitivo, não existe evidência de pensamento extraordinário na produção destas obras excecionais (Weisberg & Reeves, 2013).

Neste subcapítulo exploramos a relevância de considerações estéticas, no pluralismo belo — sublime, para a ciência, nos seus objetos, construções e prática. Analisamos como as considerações estéticas informam e modelam as atividades e objetivos na ciência e embora o sublime

tenha sido sempre secundário na reflexão da relação ciência— estética, nas palavras de alguns cientistas "is poetic to determine as much as possible about the things that are to be represented in a poem". Será esta a génese da bifurcação arte —ciência?

A ideia de que existem dois tipos de representação, a intelectual e a sensorial que ambicionam ambas a perfeição, nomeadamente na forma de clareza, mas que assumem formas diferentes, contudo ambos significam compreensão. As obras *The Romantic Disease*, de Anna Dumitriu, e *Objectivity*, de Nurit Bar-Shai, materializam representações no domínio da arte implicando a sua lógica intelectual e expressão sensorial que resulta da exploração direta de conteúdos do domínio da científico. O determinismo das obras é diretamente proporcional à compreensão e, de modo equivalente, quanto mais níveis existem numa representação mais se expande a sua clareza e poesia.

O subcapítulo1.8, intitulado: Coedição com a Natureza, permite-nos, para além de perspetivar diversamente o que é ser humano, olhar as bactérias de um modo diverso. Admitimos que a ideia de sofisticação que lhes atribuímos no passado era primária e superficial. Se considerarmos a habilidade que possuem para comunicar, tomar decisões e, organizarem-se em colónias dinâmicas e complexas, que respondem a condições ambientais, alteramos naturalmente o modo como coexistimos.

Quando os artistas se encontram com a ciência desponta a ideia de que a tecnologia não é só sobre resolver problemas, mas também para criar experiências estéticas. Essas experiências não constituem um fim em si mesmas, porque na sua conceção fluem várias linguagens e a sua externalidade não é apenas um símbolo, pois é a ponte entre um ser e outro. Identificamos pontos estruturais comuns aos casos analisados e que, pela sua frequência e relevância se transformaram em variáveis de estudo que consideramos no desenho metodológico projetado. A investigação especulativa, sem qualquer restrição, é ainda pouco significativa. Este capítulo torna clara a importância da investigação dos mecanismos envolvidos na concriação e que podem representar saltos na inovação. Definimos como objetivo triangular a relação tecnologia, decisão e CRISPR e, pensar a tecnologia no nexo criativo. Este capítulo está organizado em três tempos. O primeiro contextualiza a tecnologia nas sociedades, relaciona-a com as decisões individuais e de grupo. O

segundo, elabora sobre o reino sintético e as suas implicações no mundo natural, que compreendemos imperfeitamente, nomeadamente implicações estéticas.

No capítulo 1.9, intitulado:CRISPR: Um capítulo mais técnico, assume foco na tecnologia CRISPR contextualizando-a num momento em que somos decisores dos contornos da sua aplicação. Selecionamos, do mundo artístico, o projeto *Biotechnology From the Blue Flower*, dos artistas Anna Dumitriu e o Alex May. A análise da exploração da estética potenciada pela tecnologia CRISPR e das razões que motivaram a esta aproximação encorajam a nossa análise especulativa para imprimir um movimento de trazer para mais perto a ideação artística e científica.

No capítulo 1.10, (intitulado: Hieronymus Bosch e CRISPR) estudamos a obra *The Garden of Earthly Delights* e sobre esta especulamos uma obra que inclui CRISPR. Nos capítulos 2, 3 e 4 ocupamo-nos do conhecimento produzido nesta tese e o tratamento da metodologia de investigação implementada que sustenta os nossos resultados. Finalmente o capítulo 5 (intitulado:Conclusões e Trabalho Futuro) projeta a partir do ponto estabelecido nesta investigação, o movimento Arte e Ciência que nos propomos assinar.

1.6 Arte

Nature is beautiful because it looks like Art, and Art can only be called beautiful if we are conscious of it as Art while yet it looks like Nature

— Immanuel Kant

1.6.1 ... e a Estética[5]

Flowers are free natural beauties[6]

—Immanuel Kant

Filósofos, desde a antiguidade, argumentaram sobre a natureza do belo e o valor das belas-artes[7] mas, é no início do século dezoito que se produzem inúmeros tratados acerca do valor e propriedades do belo e do sublime na arte e na natureza.

Academicamente a disciplina da Estética nasce em 1735, quando na tese intitulada *Meditationes philosophicae de nonnullis ad poema pertinentibus*[8], Alexander Gottlieb Baumgarten (1714–1762) utiliza o termo para significar a ciência da cognição pelos sentidos (scientiam sensitive quid cognoscendi) (Guyer, 2005). Atualmente, estética é o ramo da filosofia que investiga conceptual e teoricamente a arte e a experiência estética (Levinson, 2005). O espaço entre esses dois momentos substancia-se nas obras filosóficas de vários autores. Contudo Immanuel Kant assume destaque na nossa abordagem, porque apresenta na *Crítica do Julgamento* (CJ) os argumentos que estabelecem uma ligação entre os domínios: belo, biologia e conhecimento empírico (Zuckert, 2007) e, portanto, o estudo da CJ representa e projeta parcialmente a unidade que pretendemos investigar[9].

5 Termo grego aisthēsis, significa perceção pelos sentidos.

6 Hardly any one but a botanist knows what sort of a thing a flower ought to be; (Kant's Critique of Judgement, translated with Introduction and Notes by J.H. Bernard (2nd ed. revised) (London: Macmillan, 1914). https://oll.libertyfund.org/title/bernard-the-critique-of-judgement#Kant_0318_374)

7 Literatura, pintura, escultura e música.

8 A reflexão de Baumgarten centra-se nos conceitos de poema, cognição, linguagem poética e filosofia poética. A importância deste texto para nosso manuscrito estabelece-se na afirmação: ... things known are to be known by the superior faculty as the object of logic; things perceived [are to be known by the inferior faculty, as the object] of the science of perception, or aesthetic (Aschenbrenner & Holther, 1954).

9 $\begin{pmatrix} Estética & \cdots & Biologia \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Conhecimento & \cdots & CRISPR \end{pmatrix}$

As questões colocadas por Platão — o que é a natureza e o valor da beleza? qual a ligação entre arte e conhecimento? qual a ligação entre estética e moral? e o que é o génio, fonte da inspiração artística? — são questões que se perpetuaram na disciplina da estética até à atualidade (Guyer, 2005).

Na obra de Platão, a arte é entendida como representação da ordem metafísica e ética do mundo. É prerrogativa dos poetas e artistas descodificar esta representação implicando o pensamento racional[10] e escapando, diligentemente, à sua representação mecânica —mimese — "all poetic imitators, beginning with Homer, imitate images of virtue and all the other things they write about and have no grasp of the truth" (República 600e). No atinente à Beleza, Platão dissocia-a da arte pois considera-a demasiado elevada para ser por ela comandada (Janaway, 2005). Estabelece nas suas obras a distinção metafísica entre a beleza capturada pelos sentidos, que exibe as propriedades da variabilidade e da relatividade e, a Beleza, na sua forma divina, apenas acessível ao intelecto e àqueles sob a ascendência do amor verdadeiro (Platão 360 B.C.E./2009)[11].

O desinteresse como critério da resposta e julgamento estético está associado aos nomes Shaftesbury[12] e Francis Hutchenson. O primeiro serviu de inspiração para que Hutchenson, em 1725, no prefácio de *An Inquiry into the Original of Our Ideas of Beauty and Virtue*, tenha escrito: as ideias de belo e harmonia, tais como outras ideias são-nos imediata e necessariamente agradáveis excluindo qualquer forma de interesse ou expectativa sobre o objeto. O prazer resulta da admiração humana pela ordem e proporção[13], não apenas na sua manifestação, mas na inteligência criativa que está na sua origem.

> That the Beautiful, the Fair, the Comely, were never in the Matter, but in the Art and Design; never in Body it-self, but in the Form or forming Power. Does not the beautiful Form confess this, and speak the Beauty of the Design, whene'er it strikes you? What is it but the Design

---

If nature were infinitely diverse empirically, Kant argues, we would be incapable of forming any empirical concept, and would be overwhelmed by such diversity: the understanding would not be able to find its way about nature(Zuckert, 2007).

10 Quer nos textos de Platão quer na meditação de Baumgarten existe claramente uma classificação que eleva a racionalização ao bem superior e, a emoção que reage aos eventos reais e imaginados a uma parte inferior de ser (Janaway, 2005).

11 http://classics.mit.edu/index.html

12 Antony Ashley Cooper terceiro conde de Shaftesbury(1677-1713)

13 Nothing surely is more strongly imprinted on our minds or more closely interwoven with our souls than the idea or sense of order and proportion

> which strikes? What is it you admire but Mind, or the Effect of Mind? 'Tis Mind alone which forms. All which is void of Mind is horrid (…) (Shaftesbury,1709, p.405).

A resposta estética, segundo Hutcheson, não é uma fórmula que resulta da cognição de princípio, proporção, causa ou utilidade do objeto, mas atinge-nos com a ideia de belo[14] (Hutcheson, 1726). O poder de percecionar a ideia de belo é um sentido interno justificado no discernimento da beleza percecionada em teoremas, verdades universais, (...).

Na história da estética outro nome incontornável é Jean-Baptist Du Bos, autor de *Reflexions sur la Poesie et la Peinture* [15], 1719. Para Du Bos a resposta estética não é automática como em Hutcheson. A imaginação assume preponderância na mesma medida em que somos impulsionados pelo instinto para procurar e criar objetos que nos impressionam. "The principle merit of poems and pictures consists in the imitation of such objects (…)" mas devemos notar que as emoções instanciadas pelos objetos criados estão, pela sua natureza, livres dos custos reais que a sua experiência implica (Guyer, 2005). Em Du Bos a imaginação é positiva na medida em que implica a ação do observador. Assim o valor da obra de arte não depende das suas propriedades formais, mas do impacto que produz na imaginação.

Também central na reflexão estética do século dezoito, a teoria da imaginação[16], proposta por Joseph Addison em 1719, onde expressa a correlação entre a faculdade de julgamento do gosto e a faculdade de representação. Para Addison os princípios primários da imaginação são três: grandiosidade (primórdio do sublime que será também objeto da nossa reflexão) —um horizonte vasto permite possibilidade, a novidade— surpreende e gratifica a curiosidade— e a beleza— pois difunde, através da imaginação, quase imediatamente complacência e satisfação em resposta às propriedades visuais do objeto. Na sua tese, quando escreve "Nothing is more pleseant to the fancy than to enlarge itself by degrees"(Adison, 1719 as cited in Guyer, 2005), defende que a imaginação não é apenas a capacidade de nos libertar de restrições, mas também a capacidade de representar as suas possibilidades, especulando a sua infinitude[17], num percurso que exige a razão e o entendimento

14 Beauty is taken for the Idea rais'd in us (Hutcheson, 1726).

15 https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k62699556.texteImage

16 https://www.bl.uk/learning/timeline/item126933.html

17 Antecipação da distinção de Kant entre o sublime dinâmico e o sublime matemático(Guyer, 2005)

para se completar. Este princípio combinatório, segundo Addison, está também presente na relação entre natureza e arte, não deixando de referir que a magnificência do design da natureza não poderá ser atingida pela arte[18]. Contudo acrescenta, que as possibilidades de combinação, propostas pela imaginação, em termos não propostos pela natureza, permitem uma resposta e criação artísticas únicas.

> The beauties of the most stately garden or palace lie in a narrow compass, the imagination immediately runs them over, …, but in the wild fields of nature, the sight wanders up and down without confinement, and is fed with an infinite variety of images, without, …, number (Guyer, 2005).

Conclui-se que é no entendimento que os limites tendem para o infinito. "The understanding, indeed, opens an infinite space..." (Guyer, 2005).

Baumgarten, em 1735, conceptualizou a imaginação como uma competência cognitiva e distingue a representação estética da representação lógica contrastando-as entre indeterminismo e determinismo. Esta ideia expressa que o determinismo conceptual do pensamento lógico deve, nas suas propriedades, ser aplicável ao indeterminismo de muitos indivíduos enquanto no pensamento estético o determinismo do objeto só é possível ser capturada numa imagem rica, densa e indeterminada. A ideia estética de Kant, como um produto da imaginação com conteúdo cognitivo, mas ao mesmo tempo tão fecunda e indeterminada que preserva o nosso sentido de liberdade das restrições do entendimento, inventa-se neste parágrafo (Guyer, 2005).

Immanuel Kant resume a era que o precede e inaugura uma nova era na medida em que defende a união de conceitos[19] que filósofos anteriores consideravam incompatíveis (Hofstadter & Kuhns, 1964). Publica em 1790, a obra *Kritik der Urteilskraft*[20]. À priori[21], do tempo e do espaço, o

18 There is something more bold and masterly in the rough, careless strokes of nature, than in the nice touches and embellishments of art. (Guyer, 2005)

19 Intuição e conceito; sentidos e intelectualização (Guyer, 2005).

20 Julgamento diz respeito à cognição racional de acordo com princípios naturais, à priori, estruturado em três andamentos: Crítica do Entendimento Puro, do Julgamento Puro e, por fim, da Razão Pura. (Kant's Critique of Judgement, translated with Introduction and Notes by J.H. Bernard (2nd ed. revised) (London: Macmillan, 1914).)
https://oll.libertyfund.org/title/bernard-the-critique-of-judgement#Kant_0318_281

21 Na crítica do julgamento Kant identifica três grandes domínios: natureza, liberdade e arte. A cada domínio corresponde um principio à priori. À natureza a conformidade; à liberdade o propósito final e à arte o positivismo. A estas correspondem três faculdades cognitivas entendimento, razão e julgamento. Na mente a correspondência faz-se, no primeiro, a cognição, no segundo o desejo e no terceiro o prazer e dor (Hofstadter & Kuhns, 1964).

Homem é afetado pelas coisas demonstrando sensibilidade[22]. O julgamento [Urtheil] do Belo, está relacionado com a condição à priori do prazer. Para aferir a experiência do Belo [Schön], Kant estabelece as condições necessárias: Quantidade, Qualidade, Relação e Modalidade.

O método dedutivo da *Análise da Beleza* define, num primeiro momento — qualidade—, que para um objeto exibir esta propriedade deve ser julgado desinteressadamente[23] para ser possível aferir a satisfação ou insatisfação que proporciona. Assim a ideia de Beleza associa-se ao prazer [Lust] contemplativo. O segundo momento — quantidade— legitima o estado se ser (belo) na universalidade sem a necessidade de qualquer conceito associado. Nesta fase enlaçamos ao Belo a universalidade, argumentando não uma universalidade objetiva instituída nos conceitos dos objetos, mas a universalidade subjetiva. A beleza é então reconhecia na satisfação contemplativa universal[24]. A universalidade na sua implicação à comunicação estabelece a dimensão cognitiva do conceito[25], assim de algum modo existe uma ligação do Belo, pelo prazer, à cognição [Erkenntniss]. O terceiro momento —relação— a intencionalidade da forma do objeto nas suas relações espaciais [Zeichnung] e temporais [Komposition] são as únicas que devem ser consideradas, despidas de toda a ornamentação, no seu mínimo, a forma deve ser apreendida sob o ponto de vista do seu propósito[26] na sua intencionalidade sem intenção e não num propósito definido. O momento último relaciona-se com a modalidade. Kant conclui que é belo qualquer objeto, sem qualquer conceito, mas reconhecido como objeto de satisfação necessária e com validação universal.

O *Belo Natural* na intencionalidade da sua forma, segundo Kant, está adaptado aos mecanismos do nosso julgamento, constituindo ele próprio um objeto de satisfação (Kant 1951: §23). A doutrina de Kant normaliza a beleza livre [pulchritudo vaga] e, a beleza dependente [pulchritudo adhaerens]. Na primeira [pulchritudo vaga], a forma é exemplar, "Flowers, free designs, lines aimlessly intertwined in each other under the name of foliage, signify nothing, do not dependent

22 Kant define Sensibilidade como a capacidade passiva de ser afetado por coisas do exterior através das sensações produzidas. Entendimento, por outro lado, não é sensível, é discursivo e implica pensamentos universais e, portanto, é uma capacidade ativa. O julgamento traduz a experiência que resulta da combinação dos resultados da Sensibilidade e Entendimento (Crawford, 2005).

23 Desinteresse em satisfazer os sentidos do assentimento de belo, ou em estabelecer um interesse funcional no objeto, ou no seu valor moral. Para Kant a Beleza é contemplativa e não depende de condições individuais (Crawford, 2005).

24 Note-se que no que diz respeito ao gosto —Geschmack— a exigência de universalidade desaparece.

25 Os únicos estados mentais passíveis de serem comunicados universalmente são os estados cognitivos.

26 Nas suas determinações transcendentes. Kant's Critique of Judgement, translated with Introduction and Notes by J.H. Bernard (2nd ed. revised) (London: Macmillan, 1914). https://oll.libertyfund.org/title/bernard-the-critique-of-judgement#Kant_0318_350

on any determinate concept, and yet please" (Guyer, 2005), e ao não considerarmos o seu propósito reprodutivo, o nosso julgamento da sua beleza é puro (Crawford, 2001).

A Natureza propicia-nos com incontáveis exemplos de beleza livre. Esta está projetada nos mesmos termos da nossa natureza reflexiva e de julgamento pois, se por absurdo, a experiência da Natureza fosse infinitamente diversificada, seriamos por ela oprimidos e incapazes de entender qualquer das suas leis e impossibilitados, por exemplo, de sistematizar as ciências naturais "understanding would not be able to find its way about in Nature" (Zuckert, 2007). Mas a Natureza deve a sua beleza ao facto de parecer dizer mais do que é.

Na segunda [pulchritudo adhaerens], a existência do propósito, em coerência com objeto revela a perfeição da forma bela. A transição do Belo natural para o Belo artístico é dialética enquanto transição para a dominação (Adorno, 2011). A obra de arte resulta da materialização de um comportamento estético sensível ao belo natural, mas abstendo-se quer da natureza quer do belo natural, numa sofreguidão de transcendência sem a qual deixa de ser arte. Uma obra produto do génio[27] artístico, animada pelo sentido estético[28] e que apresenta ideias estéticas[29].

> If now we place under a concept a representation of the Imagination belonging to its presentation, but which occasions solely by itself more thought than can ever be comprehended in a definite concept, and which therefore enlarges aesthetically the concept itself… it brings the faculty of intellectual Ideas (the Reason) into movement, i.e., a movement, occasioned by a representation, towards more thought (…)(Bernard, et al, 1914).

Mas identificação da arte com o *Belo* é, portanto, insuficiente[30], porque tal identificação é demasiado formal. A categoria do Belo representa apenas um instante e pode até ampliar-se pela absorção do feio. A arte assume a sua superioridade na descrição como belas coisas que na natureza podem ser feias ou desagradáveis (Bernard et al., 1914), porque os objetos de arte supõem sempre um propósito na sua causa, constituindo assim a sua perfeição. Kant discute o feio apenas na sua

27 Genius is the talent (or natural gift) which gives the rule to art, not for science in which clearly known rules must go beforehand and determine the procedure (Hofstadter & Kuhns,1964) A genialidade é a disposição mental inata através da qual a Natureza dá origem à Arte.

28 Spirit (Hofstadter & Kuhns,1964)

29 ... by an aesthetical Idea I understand that representation of the imagination which occasions much thought, without, however, any definite thought,…, it consequently cannot be completely compassed and made intelligible by language (Bernard, et al, 1914).

30 Beleza e Arte dois assuntos distintos mas que se sobrepõem em muitos períodos históricos

discussão acerca das belas-artes, onde refere a possibilidade superior das representações artísticas belas "of things that in nature would be ugly or displeasing" (Guyer, 2005) entre as quais Fúrias, doenças, devastação e guerras.

A experiência na arte é complexa[31]. A obra de arte [schöne Kunst], em Kant, difere da natureza por ser uma produção livre do Homem[32] que coloca a razão na base da sua ação criativa inefável (Crawford, 2005). Para Kant uma obra de arte é multidimensional e, a resposta estética a um objeto artístico é complexa. Flui do conceito de gosto, como capacidade de julgamento, à liberdade da imaginação não induzida unicamente pela forma percetual, mas pelo conteúdo e significado, materiais[33] do meio de expressão e da relação harmoniosa entre os seus constitutivos (Guyer, 2005). Perante um objeto artístico belo, deve manter-se a consciência de que se trata de arte e não de um produto da natureza, mas o propósito da sua forma deve ser livre de regras arbitrárias como se fosse um objeto da natureza (Hofstadter & Kuhns, 1964).

Para Kant, o conteúdo artístico dilata-se na medida da faculdade da mente artística [Geist] (Crawford, 2005). A asserção contida neste enunciado estende-se para além da genialidade inata. A execução e forma da obra é condição que exige o cultivo do talento que permite, pelo julgamento, que a obra seja arte. As maiores obras não são as mais puras[34], mas as que costumam conter um excedente extra-artístico e, sobretudo, um elemento material intacto, que pesa na sua composição imanente e que expande o conceito de natureza (Hofstadter & Kuhns, 1964).

A beleza como a expressão de ideias estéticas na arte emerge do conceito complexo de liberdade da imaginação (Guyer, 2005) enquanto na natureza a reflexão de uma intuição é suficiente para a expressão de uma ideia (Hofstadter & Kuhns, 1964). Em resumo experiência do belo, explica-se em Kant ainda que de modo opaco[35], no harmonioso e livre brincar entre os poderes cognitivos

31 Qualquer definição de Arte implicaria em termos lógicos enunciar quais as condições necessárias e suficientes para considerar um objeto X como obra de Arte. Qualquer ideia que aventássemos iria expor a ausência capturada na definição. Iremos, portanto, considerar as formas que nos interessam para este estudo.

32 O homem possuidor de genialidade artística —talento inato que não pode ser ensinado—que lhe permite criar algo inefavelmente, exemplar e original, que serve de modelo.

33 A relevância crescente da tecnologia nas obras de arte não deve instigar a submetê-las ao tipo de razão que suscitou a tecnologia e nela se prolonga. O conhecimento ativado na obtenção da forma traduz-se no valor instrumental da obra. Contudo o valor intrínseco da obra é que a prescreve como insubstituível (Kieran, 2005).

34 Quanto mais puramente as obras de arte aspiram à ideia manifesta de arte tanto mais precária se torna relação das obras de arte com o seu outro, ..., relação que é exigida no conceito de obra (Adorno, 2011). Esta definição reconhece a importância da dependência de estatuto de obra de arte do contexto artístico histórico em que a obra é criada e apresentada (Davies, 2005).

35 A interpretação deste conceito divide-se em duas classes principais: a primeira refere um estado mental em que a variedade de representações fornecidas pela perceção de um objeto satisfaz as condições de cognição do objeto excetuando a condição que o transforma em conhecimento ("precognitive" interpretations); na segunda satisfaz todas as condições mas num estado indeterminado permitindo à mente brincar divertidamente entre diferentes modos de conceber o mesmo objeto ("multicognitive" interpretations) (Guyer, 2005).

da imaginação e do entendimento (Guyer, 2005), comuns a todos os seres humanos e, por esse motivo, com validade subjetiva universal.

Avocamos ainda, pela utilidade para este estudo, três focos que, segundo Levinson (2005), ensejam as mais exuberantes propriedades e experiências estéticas. O primeiro refere-se à prática, atividade ou objeto de arte. A conceção intrinsecamente ligada ao significado da forma pura[36], quer espacial quer temporal, tem as suas raízes, como anteriormente citamos, nos tratados de Kant. Este é o lugar onde a forma é a condição necessária e suficiente para ser arte. A arte como meio de expressão e comunicação de estados mentais e conteúdos não propositivos, centra-se na expressão de emoção. Leo Tolstoy, propõem a obra de arte como estrutura de sinais que permitem a comunicação de uma para outra pessoa (Lenvinson, 2005). Conceções mais recentes de arte estabelecem como condição para objeto de arte aquele que resulta de uma intenção de proporcionar uma experiência estética na criação de objetos explicitamente belos tais que possam causar admiração. O segundo foco centra-se nas propriedades observáveis e relevantes para o valor estético do objeto que numa lista ilimitada, se podem materializar em beleza, elã, fealdade, graça, elegância, ostentação, tranquilidade, serenidade (…). A natureza destas propriedades implica a perceção e, a sua inter-relação atribui valor à obra. Mas a equação só se completa na contemplação da obra pelo observador. A obra de arte só assume este estado quando deixa uma impressão mais vasta que o seu conceito. Esta afirmação conduz-nos ao terceiro foco, a experiência concebida pelo estudo dos estados mentais, perceções, ações de atenção, ações contemplativas desfasadas do sujeito e centradas apenas forma do objeto (Lenvinson, 2005). Capturados pelos sentidos, elementos como a luminosidade, a cor, o movimento, em circunstâncias extraordinárias ativam os sistemas neuronais e afirmam a ressonância de uma experiência estética que captura a nossa imaginação[37] e que se completa no observador. A ideia de beleza evoca algo essencial na arte sem que, no entanto, o exprima imediatamente.

36 Criado na associação cognitiva livre sem mediação de conceitos (Lenvinson, 2005).

37 ... great art and great science share three characteristics: … so original that it overwhelms us...; stands the test of time ...; changes the way generations of artists or scientists think about their field. … capture our imagination (Goldstein, 2018).

Para Georg Hegel a beleza da arte é maior que a Natureza pois a beleza da arte é gerada e corresponde a um novo nascimento da mente (Hofstadter & Kuhns, 1964). A Ideia materializa-se na beleza e evolui para formas particulares classificadas como simbólica, clássica e romântica. Se a esta ideia adirmos a representação do que não é visível exprimimos a ideia de arte proposta por Georg Hegel[38]: a arte ambiciona essencialmente a beleza como um modo em a verdade é expressa, a beleza é a aparência da Ideia. Para Hegel o significado da obra de arte deriva da conformidade entre o ideal e o sensual ou, para Arthur Schopenhauer que integra a descoberta de Descartes, o mundo como uma elaboração da mente humana: O mundo como uma ideia. Uma solução para o problema da existência[39] pois, segundo Shopenhauer, qualquer mente que se abandone à contemplação pura e objetiva da Natureza é exitada para a compreensão da essência das coisas, da vida e da existência (Hofstadter & Kuhns, 1964).

> Is just the state that I described (...) as necessary for knowledge of the Idea, as pure contemplation, absorption in perception, being lost in the object, forgetting all individuality, abolishing the kind of knowledge which follows the principle of sufficient reason, and comprehends only relations." (Schopenhauer, 1818 as cited in Guyer, 2005).

1.6.2 ... e o Sublime

> Our Imagination loves to be filled with an Object, or to grasp at any thing that is too big for its Capacity
>
> **—Joseph Addison**

No segundo livro da *Crítica do Julgamento*, a análise do Sublime [Erhabene[40]], Kant sugere que, contrariamente ao Belo na natureza, relacionado com a forma, o *Sublime* não pode ser contido numa forma sensível e a sua totalidade está presente no pensamento. O prazer que resulta do Belo relaciona-se diretamente com a promoção da vida, enquanto, no Sublime, o prazer emerge

38Georg Hegel considera a arte como uma forma mental direcionada para a verdade -o mais elevado estado evolutivo da mente e espírito (o Absoluto) (Hofstadter & Kuhns, 1964).

39 O resultado da apreensão objetiva das coisas é uma expressão mais da natureza da vida e da existência. "O que é a vida?" Todas as obras de arte genuínas e bem-sucedidas respondem de modo próprio e com perfeita correção a esta questão (Hofstadter & Kuhns, 1964).

40 Etimologicamente é uma palavra ligada ao nome Erhebung que significa elevação(Arcangeli & Dokic, 2020).

indiretamente como sentimento do poder vital confundindo-se com uma emoção[41]. A Natureza excita a ideia de sublime no caos, na sua desordem e desolação (Bernard et al., 1914).

Kant estabelece a distinção[42] fundamental na existência de propósito[43] no Belo e a inadequação do Sublime de tal modo que apenas pode ser convocado na mente[44] (Kant 1790: §23). O Sublime acontece na apreensão sem qualquer racionalização e pode até violar o seu propósito no que diz respeito ao Julgamento (Bernard et al., 1914). A teoria do sublime é um apêndice no julgamento estético pois o seu propósito está apenas na representação feita pela imaginação. A análise do sublime deve, contudo, ser representada do mesmo modo que na análise do belo: quantidade—validade universal; qualidade — desprovido de interesse; relação —propósito subjetivo e modalidade —necessidade. Mas exige ainda a divisão entre o sublime dinâmico e matemático que se relaciona respetivamente na vastidão e poder da Natureza[45] (Crawford, 2001).

Experienciamos o sublime dinâmico quando refletimos sobre o poder de objetos e fenómenos capazes de excitar medo: a vastidão dos desertos, o indomável poder dos oceanos, a grandiosidade das montanhas, o terror dos vulcões em erupção. Embora cenas naturais sejam paradigmas privilegiados na génese da experiência do sublime, a inquietude por ela gerada é também presença na contemplação por exemplo da *Grande Muralha da China*[46] ou na *Teoria da Relatividade Geral* (Arcangeli & Dokic, 2020). A inadequação expressa-se no grau entre o nosso poder e o da natureza, contudo Kant argumenta que "we can regard an object as fearful without being afraid of it "(Kant 1790: §28). A consciência do poder da razão sobre o sentimento do medo produz o prazer na experiência do sublime dinâmico (Crawford, 2001).

Para estimar a medida, do sublime matemático, são necessárias duas operações da imaginação: apreensão [apprehensio] e compreensão [comprehensio aesthetica] (Hofstadter & Kuhns, 1964), que ocorre, no processo lógico de estimativa associado à dimensão e que exige uma

41 Em Kant o sublime envolve um prazer que parece apenas possível por meio do desprazer(Arcangeli & Dokic, 2020).

42 A atividade neuronal correlacionada com a experiencia estética do belo é muito diferente da que se correlaciona com a experiencia do sublime (Ishizu & Zeki, 2014)

43 Propósito objetivo é o principio da possibilidade das coisas na Natureza sem relação necessária com o conceito de natural (Kant 1790: §61).Também para a arte o propósito tem que ser concebido sob pena de não ser um produto de arte mas um produto do acaso. (Kant 1790: §47). Se assim a arte estende o nosso conceito de natureza. (Kant 1790: §23).

44 O oceano agitado pela tempestade não pode ser designado de sublime

45 Kant confina a sua atenção no sublime da Natureza ignorando quase completamente o sublime na arte(Crawford, 2001).

46 https://artsandculture.google.com/story/10-things-to-know-about-the-great-wall-of-china-simatai-great-wall-tourist-area/8wXxFCy7pu2HWA?hl=en

série progressiva. O sublime associado ao movimento da mente, existe numa escala onde assume o maior valor absoluto possível para além de qualquer comparação[47]. A ideia de infinito ao mostrar-se inadequadamente apreendida, expõem os nossos limites[48] (Crawford, 2001).

Infere-se, portanto, que é inexistente o sublime na natureza, e em qualquer produto da arte (exceto nos fenómenos associados à ideia de infinitude). Sublime é, portanto, o estado mental produzido por uma representação, "the mere ability to think which, shows a faculty of the mind surpassing every standard of sense".

1.6.3 ... e Perceção Visual

> All perceiving is also thinking, all reasoning is also intuition, all observation is also imagination.
>
> **— Rudolf Arnheim**

A Arte[49] como produto de um organismo não poderá assumir níveis de complexidade estranhos a esse organismo. A ciência e a arte reconhecem que a experiência percetual depende do envolvimento de quem experiência (Seth, 2019). Assumindo a afirmativa desta unidade gramatical devemos então pensar sobre como vemos, quais os mecanismos percetuais envolvidos e o significado que resulta ao exercemos este sentido. A observação que resulta desta ação traduz-se na imposição subjetiva de significado à realidade. A visão, moldada pela evolução e enquadramento cultural, não será entendida apenas como a memória que resulta da incidência da luz na retina, mas incluirá a apreensão de padrões[50] significantes, em particular os que contém uma abstração artística. O que vê então o olho humano (Figura 2)? Que obra de arte nasce? Como um processo neuronal complexo traduz a luz em experiências e emoções (Conway, 2012).

47 The sublime is that in comparison with which everything is small (Hofstadter & Kuhns, 1964)

48 Culminando na sensação de desprazer que lhe está associada e que dominamos na ânsia de incremento da totalidade do nosso sistema de conhecimento (Crawford, 2001).

49 Esta análise circunscreve-se aos media visuais — pintura, desenho e escultura.

50 Note-se que um conjunto dos estímulos constituem um padrão, mas este distancia-se das partes quando observadas isoladamente (Gordon,2004)



Figura 2— *Modelo anatómico olho, início séc. XIX, W. & S. Jones ©Anatomy: Exploring the Human Body*

O processamento visual implica a deteção, pelo olho, de um objeto. A luz refletida pelo objeto é absorvida por células recetoras localizadas na retina. A informação é depois transmitida para as células de gânglio. O nervo ótico, que existe no fundo de cada olho e as fibras atravessam cruzadas para o hemisfério contrário implica que o processamento de cada campo visual é contralateral. A informação recebida na fóvea é processada bilateralmente. O conjunto de neurónios ligam-se com outros neurónios do núcleo geniculado lateral do tálamo e enviam a informação para o córtex visual primário nos lobos occipitais A perceção visual pode ser então definida como a capacidade de extrair informação de objetos com base nos padrões de luz que entram no olho (Weisberg & Reeves, 2013). Contudo a interpretação destes padrões de luz é insuficiente para resumir a interpretação do mundo. O sistema percetual atribui sentido de objetos e cenas altamente complexos e incertos — p. ex. variação luminosa, presença de outros objetos. A atribuição de sentido, nestas condições de incerteza, considera a estatística *Bayesian* que se baseia nas probabilidades condicionais: $if \ldots, then \ldots$ i.e. cálculo da probabilidade de uma hipótese com base nas evidencias disponíveis: "Bayesian inference is a method of optimal reasoning under uncertainty and specifies how to choose rationally from among a set of mutually exclusive hypotheses (H) based on a given pattern of data (D) " (Scholl, 2005 as cited in Weisberg & Reeves, 2013).

1.6.4 … de Hieronymus Bosch

> Bosch is a complete visionary… His oeuvre… calls into question the very foundations of the art of painting.
>
> **— André Breton**

Na era entre o gótico tardio e o início do renascimento, em que a arte ambicionava harmonia, brilhantismo, ilusão e monumentalidade, o artista neerlandês próximo da elite[51] de 's-Hertogenbosch[52], que pertenceu à reconhecida dinastia de pintores van Aken (Fischer, 2021), Hieronymus Boch (1450-1516), "*ennemi instinctif des chemins battus*"[53] (Lafond, 1914) traçou um percurso excecional[54]. Para compreender Bosch é necessário conhecer as origens da sua família os seus primeiros trabalhos, e a sua ascendência social e artística.

Jheronimus é o quarto de cinco filhos de Antonius van Aken e Aleid van der Mynnen. A sua vida até aos vinte anos de idade é praticamente desconhecida, contudo podemos assumir que o incendio devastador que destruiu a casa parental, a 13 de junho de 1463, em 's-Hertogenbosch, o marcou de forma dramática (Fischer, 2021). A primeira referência documental a Hieronymus, no contexto artístico data de 1475/76, quando é identificado num registo no livro de contas da irmandade *Illustre Lieve Vrouwe Broederschap*: "Jheronimus dictus Joen, schilder[55]" (Figura 3) (Carroll, 2022), como membro da oficina parental no lado leste da praça de Den Bosch's.

---

51 A infância de Bosch coincidiu com o período do reinado de Filipe III de Borgonha, o Bom, a corte mais rica e próspera durante a época. Bosch pertenceu, desde 1486-1487 (Carroll, 2022), à ilustre irmandade religiosa da nossa senhora abençoada —Illustre Lieve Vrouwe Broederschap, fundada em 1318 para clerici et scolares (clérigos e estudantes) (Fischer, 2021), que, como muitas confrarias medievais, instituía a dimensão religiosa, mas também uma dimensão social. Uma prerrogativa per si, mas Bosch alcançou o título de "sworn brother" (irmão jurado) em 1488 ou 1489. O título permitiu-lhe ser conselheiro das decorações da capela, Church of Saint John, (Carroll, 2022), autor de painéis do altar da virgem Maria e do coro principal —como se pode ler na crónica da cidade de 's-Hertogenbosch, escrita em 1608 por Jacob van Balen (c. 1553 – 1622), David Everswijn (1559 – 1610) e Bartholomeus Loeff van der Sloot (c. 1576 – 1654) (BoschDoc): ... singulari arte Hieronymi Boss...— e design dos vitrais da capela de Saint John. Nenhuma das obras resistiu ao cerco de Den Bosch em 1629, durante a revolta holandesa contra Espanha exceto o tríptico, autoria da sua oficina, Ecce Homo with Saints and Donors (exterior: Saints and Donors), comissionado por Pieter van Os (c.1467/69-1542) (Carroll, 2022). Bosch pintou ainda dois painéis que ilustram St John the Baptist (Madrid, Fundación Lázaro Galdiano, inv. no. 8155) e St John the Patmos (Berlin, Staatliche Museen, Gemäldegalerie, inv. no. 1647A) e funcionavam como persianas e, quando fechados, ocultavam o altar esculpido por Adriaen van Wesel c.1417 (Fischer, 2021).

52 Por comparação com a Antuéripa 's-Hertogenbosch é uma zona provincial (Fischer, 2021) pertence ao Ducado de Brabante, parte do sul dos Países Baixos, na atualidade a zona divide-se entre a Bélgica, Reino dos Países Baixos, Luxemburgo e França (Museo Del Prado).

53 Inimigo instintivo dos caminhos batidos (tradução livre). Son œuvre n'est nullement une réactioncontre le passé, pas davantage une protestation contre le présent, encore moins une barrière contre l'avenir. Sa peinture, véridique, osée, inattendue, à l'observation intense, est une floraison spontanée, conséquence naturelle de ce qui la précède, expression railleuse de la mentalité de sa race, de son temps, dont le produit est un fruit franc, quoiqu'un peu acide (Lafond, 1914).

54 A visão tradicional dos historiadores de arte acerca das origens de um artista é particularmente insatisfatória no caso de Jheronimus Bosch porque, a sua obra, desafia todas as ligações com os seus predecessores e modelos de pintura na Flandres ou Países Baixos (Silver, 2009).

55 Joen chamou Jheronimus, um pintor (tradução livre)



Figura 3— *Livro de armas Illustre Lieve Vrouwe Broederschap © Brabants Historisch Informatie Centrum BHIC*

Entre 24 de julho de 1480 e 15 de junho de 1481 Bosch casa com Aleid van der Mervenne, a filha de um mercador abastado. Este evento representa a sua ascensão social e permitiu-lhe estabelecer a sua própria oficina, perto de Town Hall[56], no lado norte da praça. A partir desta data Bosch é descrito nos documentos como *maelre*, *maelder*, *schilder* ou *pictor*, mas ainda não com o termo que designava mestre (Fischer, 2021).

Nenhuma obra da carreira inicial de Bosch escapou ao tempo (Carroll, 2022), contudo a primeira evidencia da atividade de Bosch como pintor, data de 1480. Em harmonia com a imagética tradicional do sec. XV, *Crucifixion with Saints and Donor* (Figura 4), representa a crucificação e o doador[57] que, de um modo hierárquico, pede intercessão aos santos.

56 Os contemporâneos de Bosch só conseguiram estabelecer as suas oficinas, após 1500 e, em distritos periféricos.

57 Claramente um oficial publico com poderes administrativos e de aplicação da lei indicados pelas suas vestes e espada que vislumbramos por baixo da sua capa (Fischer, 2021).



Figura 4— *Crucifixion with Saints and Donor, Bosch (1480) Brussels, Musées royaux des Beaux-Arts de Belgique/Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België, inv. no. 6639*

Ao fundo da hierarquia, à direita, o doador de joelhos com as mãos cruzadas em oração; ao seu lado St Peter, com as chaves para o céu aponta na sua direção enquanto olha para os santos representados no lado oposto da obra, *St John the Apostle*, *discipulum stantem quem diligeba*[58] (João 19:25-26) e a Virgem Maria, em meditação, recomendando-o.

58 O discípulo amado de Cristo (Tradução livre).

Esta obra assume como função primária assegurar a salvação da alma e, portanto, é intrinsecamente religiosa[59]. Este painel caracteriza-se pela suavidade dos contornos internos, gestos e expressões contidos, inclinação de 45°, da cabeça de Cristo, a posição das suas mãos, e a posição dos pés que definem um contorno em forma de amêndoa, características também presentes em obras anteriores da família van Aken[60], tornando-a assim, uma das suas obras mais convencionais. Contudo, esta obra, permite-nos também identificar os primeiros vislumbres do seu estilo pessoal. A pintura de Bosch é menos intensa do ponto de vista emocional: a sua técnica emprega menos contornos na definição anatómica dos músculos, e o contorno exterior quase se dissolve. À aparência escultórica dos santos, a ausência de manifestação exterior de emoção[61], perante a morte de Cristo é percetível. A figura de Cristo também ela está despojada de dramatismo, a cabeça está ligeiramente inclinada e as suas vestes fluem com menos veemência. Em toda a obra de Bosch estão presentes estas características de restrição, dramatológica e de monumentalidade. Contudo, muitos dos temas pictóricos de Bosch não tem qualquer tradição na história das artes visuais. Bosch também não segue a tradição de sobrepor camadas primorosas por cima de desenhos precisos, por vezes visíveis através da fina camada de tinta. A manipulação que Bosch faz da tinta é simultaneamente económica e flexível consistindo na aplicação de camadas finas com pinceladas em múltiplas direções com *impasto, alla prima,* para aumentar volumes e criar pontos de destaque. A sua paleta, ampla, varia de puro grisaille e gradação tonal e obras com cores vibrantes. Para além das questões técnicas de execução, a dimensão intelectual das obras é fértil[62] e revela a seleção cuidadosa dos detalhes e a enfatização da dimensão didática das pinturas (Fischer, 2021).[63]

59 Pinturas com estas características faziam parte de missas de requiem (Fischer, 2021).

60 Crucifixion with Donors c.1453/44, Johannes Thomaszoon van Aken ou Goessen van Aken e indiretamente composições com o tema da crucificação— Crucifixion, c.1440-1442, painel central do altar da crucificação, Viena, Kunsthistorisches Museum— Rogier van der Weyden (1399/1400-1464) que influenciou profundamente artistas da europa central (Fischer, 2021).

61 Em Bosch os santos não derramam lágrimas como vemos na obra de Weyden (Fischer, 2021).

62 Os temas incluem temas bíblicos, a vida dos santos, bestiários, tipologia, elementos místicos, e contos com temáticas que apelam à moralidade cujo aprendizagem implicariam um acesso privilegiado a bibliotecas de mosteiros e conventos dos dominicanos pró-reforma, Ordo Cartusiensis— Ordem dos Cartuxos, Ordem da Santa Cruz e Irmãos da vida comum estabelecida, por Geert Groot, em 's-Hertogenbosch. É plausível o acesso de Bosch a livros religiosos nomeadamente no tempo em que viveu, como irmão, num destes mosteiros (Fischer, 2021).

63 Na perspetiva do cristianismo o mocho tem uma conotação negativa quer pelo facto de se tratar de uma ave noturna quer pela sua utilização para atrair pássaros para captura. O mocho aparece um muitas obras, e desenhos de Bosch, assumindo um significado moral negativo. Por outro lado, na obra St. Jerome in the Wilderness (c.1485-1490) , o leão que se tornou leal companheiro do santo, representado no lado esquerdo da composição, com aspeto pouco naturalista e quase heráldico, assume significado positivo (Fischer, 2021), o leão quase sempre implica a ideia de alguém poderoso e importante: Cristo, reis , cavaleiros ou o diabo (na idade média está associado aos pecados mortais) é marcado por ambiguidade moral nos múltiplos significados podendo ser interpretado *ad bonam ou ad malam partem* (Harris, 2021)

1.6.5 Discussão

A Natureza está projetada nos mesmos termos da nossa natureza reflexiva e de julgamento, a harmonia nesta inevitabilidade justifica-se na pertença do Homem ao mundo Natural.

Esta ideia de Kant interessa-nos particularmente na medida em que a harmonia assumida entre a ideia de Belo Natural e Belo Artístico pode ser desafiada pelas tecnologias de manipulação genética, nomeadamente a tecnologia central no nosso estudo CRISPR. Como o génio artístico, que não pode ser ensinado, e que possui a inefável imaginação criativa, cria uma outra natureza excluída da Natureza.

1.7 Arte e Ciência

O ponto geométrico é um ser invisível.

—Wassily Kandinsky

The fairest thing we can experience is the mysterious. It is the fundamental emotion that stands at the cradle of true art and true science.

—Albert Einstein

A ciência e a arte podem equacionar uma solução única?

A consequência natural desta questão é a análise de momentos em que a distância histórica entre os movimentos artísticos e científicos se encurtam e contrariam a afirmação "Genius is the talent (or natural gift) which gives the rule to art, not for science in which clearly known rules must go beforehand and determine the procedure" (Hofstadter & Kuhns,1964).

1.7.1 A Criatividade

Somos confrontados com uma série infinita de axiomas
que podem expandir-se cada vez mais, sem fim visível.

—Kurt Gödel

Margaret Boden[64], professora investigadora na Universidade de Sussex, entende a criatividade como a capacidade de gerar ideias[65] ou artefactos[66] que são novos[67], surpreendentes e com valor. Na definição o termo surpresa poderá assumir três significados: o primeiro, uma ideia poderá ser considerada de surpreendente se a sua natureza é expressa num quociente que se aproxima de zero, e, portanto, da impossibilidade. O segundo inclui uma ideia, num espaço conceptual de pensamento comummente aceite, contudo, a pertença da ideia a esse espaço era considerada improvável e a sua integração transporta alguma estranheza. Por fim, quando a ideia está associada

64 Professora e Investigadora de Cognitive Science na University of Sussex

65 Ideias referem-se a conceitos, poemas, composições musicais, teorias científicas, ...

66 Artefactos referem-se a pinturas, esculturas, origami, motores, ...

67 O termo novo refere-se quer à novidade em relação à "psychological" creativity (P-creativity) quer ao termo Historical creativity (H-creativity).

a uma forte impressão de portento, definimos o terceiro significado. Estes vetores definem a direção e sentido dos tipos de criatividade que nos interessam considerar (Boden, 2004), mas devemos ainda refletir sobre o atributo do valor da criatividade. A complexidade desta definição exponencia ao considerarmos o valor devido à sua variabilidade. Se considerarmos, por exemplo, o valor estético reconhecemos a dificuldade de o definir pela sua natureza mutável, quer no tempo, quer cruzando diferentes culturas. A sofisticação e muitas vezes paradoxo da criatividade exige-nos considerar a sua categorização que, segundo a investigadora, pode ser classificada em três tipos: criatividade combinatória, criatividade exploratória e, por fim, criatividade transformacional. A primeira ganha forma na combinação, ainda que improvável, de conceitos de universos diferentes do conhecimento e que se apresentam aparentemente sem relação. Este processo de analogia exige um mapeamento mental e julgamento das suas intensidades, ainda que este aconteça de forma não consciente. Os segundo e terceiros tipos de criatividade são mais próximos e designam-se criatividade exploratória e transformativa. A criatividade exploratória, envolve partir de uma realidade e explorar os seus contornos mantendo as regras que a originaram. Na origem de novas ideias está a exploração do espaço conceptual em que esta desponta, a exploração e imersão profunda de atos criativos do passado permitem, pelo conhecimento íntimo, a expansão dos seus limites, quase que numa propagação do ato criativo num *continuum*. Embora inesperadas, as ideias obedecem aos cânones pré-estabelecidos e aceites como verdadeiros. A criatividade transformacional tem na sua natureza a qualidade de alterar o espaço topológico onde a ideia habita. A estratégia criativa transformacional é a mais misteriosa e elusiva e traduz-se na flexão de conceitos que, no limite, podem até ser ininteligíveis (Boden,1998). A criatividade transformacional instrui a arte de inventar que coloca a sociedade num referencial estético, cognitivo, tecnológico e científico capaz de se recriar, ou teorizar novas realidades. Podemos projetar, neste contexto, que a criatividade transformacional dá origem à alteração de modelos sociais (Sautoy, 2020).

O sentimento de saber, sem ser capaz de verbalizar, desenhar ou escrever é comum. Pensar criativamente é primeiro sentir. O desejo de entender racionalmente é necessariamente precedido pelo saber intuitivo. O reconhecimento da dupla natureza (intuição — lógica) deste processo justifica a construção de uma nova abordagem intencionalmente favorecida pela ação conjunta de diversas

ferramentas de pensamento[68]. A perceção subjetiva que faço do exterior depende de quem sou (Weick, 1995). Os resultados apontados pela neurociência permitem a ponderação de fatores situacionais que influenciem significativamente a criatividade e o *insight* na nossa experiência — perspetiva temporal, humor, atenção, espaço conceptual.

A criatividade, fortemente associada ao pensamento abstrato (Förster et al., 2004) e ao pensamento divergente, não pode ser deles extrapolado. Na sua definição a criatividade requer ambas: *originality* e *effectiveness*, contudo esta não encerra o seu carácter dinâmico. Para que esta definição inclua o seu dinamismo é necessário transformá-la: "creativity requires potential originality and effectiveness" (Corazza & Lubart, 2020). Na história das artes, ciência e tecnologia são inúmeros os exemplos de ideias que inicialmente foram rejeitadas[69] e apenas foram consideradas como disrupções criativas muitos anos depois de concebidas.

Num período de 100.000 anos, observamos a evolução de características que permitiram a sofisticação do pensamento, a capacidade de linguagem, a capacidade de expressão simbólica, arte, a criação e utilização de ferramentas cada vez mais complexas e aperfeiçoadas. A criatividade representa um elemento deste complexo e fecundo conjunto da evolução intelectual da Humanidade. Quando a faculdade da imaginação se une à faculdade do entendimento associam-se os sentimentos de prazer, recompensa e satisfação (Ishizu & Zeki, 2014).

68 Ferramentas com fortes assimetrias favorecendo artistas: sons externos, imaginação táctil, abstração, padrões sonoros, pensar com o corpo, empatia, modelos físicos, modelos exploratórios, mundos possíveis (Root-Bernstein et al., 2019) "For many creative people, abstractions and patterns are literally felt within the body rather than seen or heard. Such body thinking relies on emo- tions and proprioceptive sensations of body movement, body tension, and body balance." (R.Root-Bernstein and M. Root-Bernstein, 2004)

69 A maioria das ideias de Leonardo da Vinci permaneceram inconclusivas durante a sua vida tendo sido reconhecidas centenas de anos depois; no mesmo referencial as pinturas de Vincent Van Gogh só foram reconhecidas postumamente. Estes exemplos ilustram a dependência do contexto, num continuum espaço-tempo, no fenómeno criativo.

1.7.1.1 Estudos de caso

1.7.1.1.1 Pensamento criativo na Arte: "St John the Baptist"; "The Wood Has Hears, the Field Eyes" — Hieronymus Bosch

Se assumirmos a definição de Albrecht Drürer (1471-1528), um artista renascentista "should take care that he does not make something impossible, does not distort Nature, unless it be his task to make a picture of a dream", Bosch, ao não representar a idealização da natureza, será, por exclusão, classificado como pintor de sonhos. Fra José Sigüenza (1544-1606), um dos estudiosos de Bosch, considera redutora esta classificação, e expressa a sua admiração: "that a single mind can imagine so many things", à extraordinária a capacidade criativa de Bosch, simultaneamente complexa e inovadora[70] (Fischer, 2021), subjetiva e individualista (Cuttler, 1968), e que, segundo o sistema de classificação de Boden, identificamos como criatividade transformacional. Estabelecemos esta determinação pela amplitude e multiplicidade dos ícones que mobilizou para a sua obra, e que em alguns casos se tornaram referências incontornáveis (Fischer, 2021). Estudos técnicos recentes das obras de Bosch, mostram revisões na pintura que alteram o desenho inicial indicador de uma imaginação inquieta e de improvisação: "There was no model for him to folow. He proceeded by Thinking in paint." (Carroll, 2022).

Pela altura da sua morte, a reputação de Bosch espraiava-se para além dos limites da província de Den Bosch até Itália, Espanha e outras províncias neerlandesas. As suas obras estavam presentes nas coleções da Rainha Isabel de Castela, do imperador Maximiliano I e de vários membros da corte de Borgonha (Carroll, 2022).

Cerca de 1500, 's-Hertogenbosch, um centro aristocrático e burguês próspero, em que o comércio assumia importância estratégica e administrativa, possuía também uma distinta cultura clerical que influenciou significativamente Bosch. O facto de ter sido admitido como irmão jurado num status privilegiado[71], ao núcleo da irmandade *Illustre Lieve Vrouwe Broederschap,* representa

70 A obra de Bosch é significativa para o desenvolvimento da pintura de paisagens, na mesma medida da sua extraordinária capacidade de observação e representação de objetos e atividades da vida diária. A suas reproduções de Cristo e dos Santos, como modelos, encerram uma nova intensidade a par do discurso pré-reformista da época (Fischer, 2021).

71 Tomou apenas a ordem menor, a tonsura (van Dijck, 2001 as cited in Fischer, 2021)

a sua ascensão artística e social[72], permitindo-lhe acesso a recursos educativos e a um ambiente que moldou a sua vida (Fischer, 2021). Esta realidade implica indelevelmente a sua obra. Fundamentamos esta afirmação nesta tese pela breve análise de um dos dois painéis que criou para o altar da capela da fraternidade, St John the Baptist (Figura 5), logo após a sua integração na irmandade e pelo desenho *The Wood Has Hears, the Field Eyes*.

No painel *St John the Baptist*, a figura do santo, com o manto vermelho da Paixão[73], reclina-se em toda a sua largura na frente de uma paisagem, a mão esquerda segura a sua cabeça e com os olhos fechados aponta com a sua mão direita para um cordeiro, símbolo de Cristo como que a indicar *ecce agnus Dei qui tollit peccatum mundi* [74] (João 1:29).

72 Em 1500 a irmandade contava com um número total de 60 irmãos jurados. Só excecionalmente se considerava a associação a esta irmandade de personalidades no mundo das artes como o arquiteto Jan Heyns(d.1516), o musico Simon van Couderborch e o pintor Hieronymus Bosch (Fischer, 2021).

73 Bosch representa a vida ascética de S. João Batista pelo vislumbre de roupa de pelo de animal nas mangas (Fischer, 2021)

74 Vejam o Cordeiro de Deus. Eis aquele que tira o pecado do mundo (João 1:29)



Figura 5— *St John the Baptist (in Meditation), posterior a 1488, Madrid, Fundación Lázaro Galdiano*



Figura 6— *St John the Baptist (in Meditation), technical studies (from up left to bottom right: original; infrared photography (IRP); x-ray; infrared reflectography (IRR)[75]) © Bosch Research & Conservation Project*

[75]

O estudo técnico da obra[76] (Figura 6) permite-nos observar que inicialmente Bosch representou, o doador[77] da obra e, posteriormente ocultou-o, quase mantendo os contornos da figura humana, sobrepondo uma invenção pictórica na forma de uma bizarra planta. Esta está rodeada de flora natural de difícil identificação, e está carregada com três frutos que parecem romãs, consideradas o símbolo da fertilidade, abundância, da bondade amorosa, imortalidade e bênçãos espirituais da igreja (Fischer, 2021). A cada um dos frutos Bosch atribuiu uma ave: próximo da base do painel, uma ave negra bica a fruta, junto a si uma ave jaz morta; aproximadamente a metade da altura da planta, uma ave com penas coloridas alimenta-se de uma fruta branca, com maior dimensão, pincelada de azul e amarelo; no topo, com o céu em fundo, a terceira ave está empoleirada no fruto. Ao interpretamos as aves como símbolos da alma, associamos à primeira ave o estado de pecado, a segunda sucumbe ao pecado e, por fim, à ave no que se encontra no topo o estado de iluminação e proximidade de Deus (Fischer, 2021). A narrativa visual da viagem da alma até à salvação encontra paralelismo na narrativa textual do franciscano Jan Burgman[78] (c.1400- 1470): "The first is the lily beneath the thorns, the second the lily among the thorns, the third the lily above thorns" (Brugman, n.d. as cited Fischer, 2021). As escolhas de Bosch nesta pintura permitem-nos estabelecer uma ligação com textos religiosos e tratamentos habituais ao tema, mas numa nova narrativa que se torna individual pela conceptualização da paisagem[79]. Bosch dispersa na paisagem sinais ameaçadores e potenciais causas de sofrimento: formações rochosas singulares e dois ursos, um dos quais prestes a devorar um veado. A presença destas ameaças são um alerta para o sofrimento da vida (Fischer, 2021).

A sua independência intelectual, *nulli concedo*[80] (Vandenbroeck, 2016) não é, contudo, imune às circunstâncias em que a sua produção artística acontece, *ex nihilo nihil fit*[81].

76 Refletografia infravermelho.

77 As suas vestes indicam-nos que é provavelmente membro da irmandade Illustre Lieve Vrouwe Broederschap (Fischer, 2021).

78 Franciscano com ligações a 's-Hertogenbosch (Fisher, 2021).

79 Geertgen tot Sint Jans pinta um painel com o mesmo tema c. 1490. A paisagem é constituída por prados e árvores, um paradisíaco hortus conclusus (Fisher, 2021).

80 Não me rendo a ninguém (tradução livre).

81 Nada surge do nada — Parménides (tradução livre).



Figura 7— *Adoration of the Magi with Donors— Right inner wing-St Agnes with Female Donor, c. 1496/97 Madrid, Museo Nacional del Prado inv. no. 2048 ©Museo Nacional del Prado*

Bosch utiliza o formato tradicional do tríptico retangular na maioria das suas obras, mas também assina trípticos com a parte superior redonda[82] (Figura 7) e formatos[83] típicos da Antuérpia do séc. XVI (Silver, 2009). Segue também a convenção da aplicação de tons grisaille ou brunaille nos painéis exteriores dos trípticos, não obstante para além das representações tradicionais de santos inclui narrativas menos convencionais[84] (Silver, 2009).

A obra de Hieronymus Bosch é das mais enigmáticas na história da arte (Cuttler, 1968), sendo evidente a dimensão da sua preocupação perante a agressão precipitada e infundada, advogando, por oposição, a vigilância constante, reticência, atenção, desprendimento, contenção e cautela (Vandenbroeck, 2016).

82 Triptych of the Crucified Female Martyr (Sint-Ontcommer), c.1505-1515

83 Triptych with Sts Job, Anthony and Jerome c.1505 —Workshop de Bosch ('Pupil of Hieronymus Bosch') Bruges, Groeningemuseum, inv. no. 209

84 Paisagem na obra The Garden of Earthly Delisghts (vd. The Garden of Earthly Delights — Hieronymus Bosch).



Figura 8— *Detalhe The Wood Has Ears, the Field Eyes, c.1502-1505, © Staatliche Museen zu Berlin, Kupferstichkabinett, KdZ 549*

O desenho alegórico, considerado pela sua complexidade o mais importante de Bosch (Fischer, 2021), *The Wood Has Hears, the Field Eyes*[85] (Figura 8), justifica estas afirmações sublinhando a importância da inovação[86] na sua obra: no topo, na parte da frente, o pode ler-se a inscrição religiosa do séc. XIII, *"Miserrimi quippe est ingenni semper uti inventis et munquam inveniendis"*[87]. Utiliza na execução, do desenho, uma caneta de ponta de prata ou metálica e tinta de giz preto ou vermelho, raramente utilizada na época. A abordagem económica permitia-lhe esboçar rapidamente os contornos das figuras obtendo composições atmosféricas e tridimensionais, apenas com os detalhes essenciais para o reconhecimento do seu simbolismo (Fischer, 2021). Na frente Bosch desenha[88] uma árvore com forma rebuscada no seu tronco oco uma coruja, na copa, sem folhas, quatro pássaros empoleirados, na base, por entre as raízes, uma raposa e um galo[89]. No primeiro plano Bosch representa um prado, aqui e ali descobrimos sete olhos abertos, organizados em duas filas. Da árvore, localizada num bosque, brotam duas orelhas, uma de cada lado. A coruja, especificamente a *Athene nocturna*, é um elemento pictórico comum[90] na obra de Bosch (Figura 9). Sendo uma ave noctívaga assume uma conotação negativa e simboliza a cegueira espiritual, a loucura, a impureza e a devassidão[91] (Fischer, 2021).

85 ... that is: I want to see, listen, and remain silent (Vandenbroeck, 2016).

86 Por volta de 1530-1545 Cornelis Crul (c.1500-1550), comerciante e rederijker (retórico) na Antuérpia, adotou o mesmo proverbio no poema Mont toe, borse toe para transmitir a ideia de ser impossível passar pela natureza sem ser observado porque os prados abriram seus olhos e as florestas desdobraram os seus ouvidos. Em 1546, uma xilogravura, de autor desconhecido, representa também este proverbio, mas acrescenta uma figura humana e uma inscrição que explicam literalmente a representação (Fischer, 2021)

87 For poor is the mind that always uses the ideas of others and invents none of its own (Fischer, 2021)

88 Os oito desenhos atribuídos a Bosch executados com linhas quebradas e tracejadas, mais densas nas sombras, pelo uso de linhas cruzadas, permitindo-lhe capturar os efeitos de luz de modo quase impressionista (Carroll, 2022).

89 Estes motivos são de uso comum na época e inteligíveis, pelo menos para a elite culta, e pretendem avisar o observador da existência do mal e das consequências das ações imponderadas (Fischer, 2021).

90 O motivo da coruja é representado na maioria das suas pinturas e em quatro dos seus desenhos (Fischer, 2021).

91 Esta visão é recorrente em estudiosos de Bosch e sua obra (Carroll, 2022).



Figura 9— *Detalhes de corujas na obra de Hieronymus Bosch © Bosch Research and Conservation Project's Bosch Monograph*

Esta visão sobre o significado da coruja na iconografia de Bosch é desafiada pelo processo artístico de Bosch que combina diferentes referências visuais (Büttner, 2016) e textuais e, se a perspetivamos tendo como referencial o manuscrito do século XV *Nuremberg Chronicle* de Hartmann Schedel[92] (1440-1514), a historiografia do mundo cristão desde o início do mundo até 1490. Neste documento a narrativa que descreve o quinto dia da criação, a superfície da Terra é criada em simultâneo com os animais aquáticos e as aves, é acompanhada por uma ilustração (Figura 10) que descreve o comportamento das espécies de um ponto de vista naturalista. A predação é vista apenas como o estado de ser da coruja: "An Attic owl, it speaks the Attic tongue: 'Be prudent: I don't fly for everyone' It bids us act advisably because unadvised rashness sometimes brings misfortune" Erasmus interprets the owl as an admonitory emblem, exhorting prudence" (Carroll, 2022, p.62).

92 Médico e humanista alemão (n.d, https://cudl.lib.cam.ac.uk/view/PR-INC-00000-A-00007-00002-00888/56)



Figura 10— "*De opere quinte diei*", *Liber chronicarum, Hartmann Schedel © University of Cambridge Digital Library*

Bosch imagina outro significado para o desenho quando acrescenta a coruja, a pega, a raposa, e a galinha. As novas relações imagem-palavra mantêm a mensagem criptográfica (Koerner, 2004). Concluímos assim que os motivos, na obra de Bosch devem ser interpretados de acordo com a unidade sintática da composição.

1.7.1.1.2 Pensamento criativo na Ciência: "DNA Double Helix" — Watson e Crick

> the over-explanation of science, [..] impedes the flow of scientific imagination and associations.
>
> **—Chargaff**

Experiências de pensamento (TE[93]) e modelos científicos (SM[94]) integram o raciocínio científico e ambos implicam a imaginação.

Selecionamos a descoberta da dupla hélice, como caso de estudo, porque revela a importância, para a criatividade, de processos de pensamento comum. Watson e Crick, iniciaram o seu trabalho com um processo de pensamento estruturado, com informação da sua área de atuação e com informação externa que conjugaram inúmeras vezes.

Watson e Crick, em 1953, publicaram o modelo de dupla hélice do ADN, que se verificou ser o correto[95]. O ADN é constituído por um grupo de fosfato, açúcar e quatro bases azotadas: Adenina— A; Guanina— G; Citosina—C e Timina—T (Figura 11).

93 Thought experiments (Todd, 2020)

94 Scientific Models(Todd, 2020)

95 Em relação à colaboração co Watson, Crick escreveu que o segredo do sucesso consistiu em "their absolutely open and blunt evaluation of each other's ideas."(Fry, 2016)

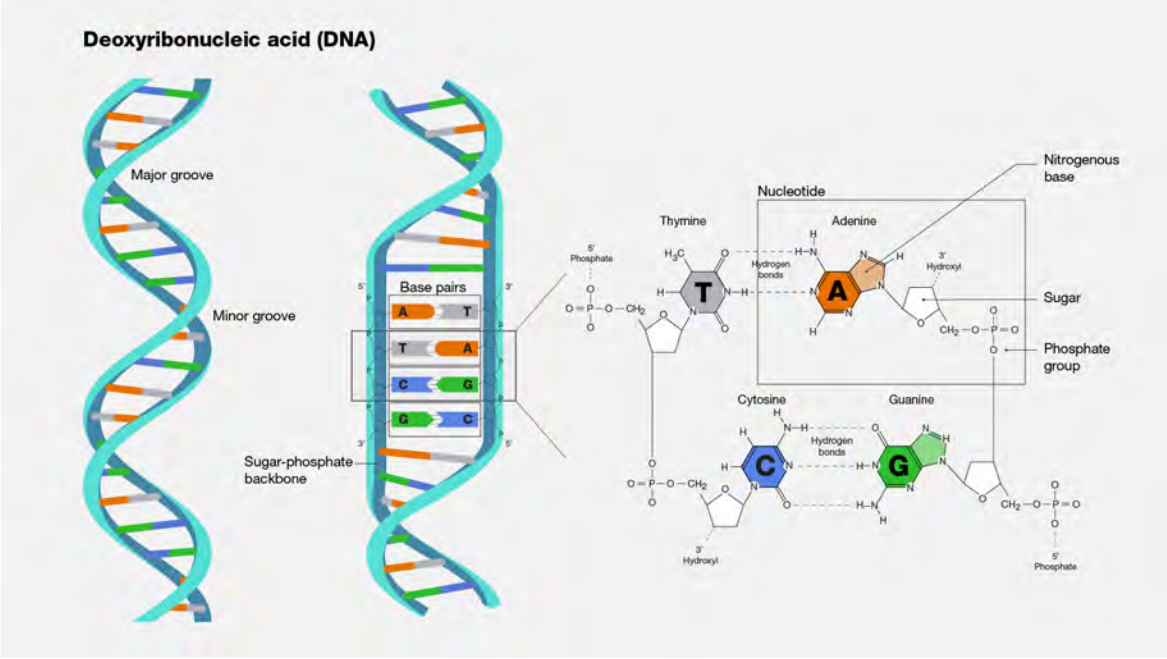


Figura 11— *ADN © National Human Genome Research Institute*

A unidade base desta estrutura designa-se nucleótideos e, é constituída por um grupo de fosfato, uma pentose e uma base azotada. Consoante a base azotada a fazer a ligação temos um tipo de nucleótido. Deste modo a estrutura base secundária do ADN, é polinucleótida. O ADN encontra-se quase exclusivamente nos cromossomas, constituídos também por proteínas sintetizadas com base nos genes. As proteínas complexas (Weisberg, 2006) são reconhecidas pela sua diversidade biológica, funcionando como enzimas, anticorpos e componentes estruturais de células (Fry, 2016) e pensava-se que os genes teriam o mesmo grau de complexidade e deste modo a estrutura simples do ADN, que na altura se pensava tetra-nucleótido, não poderia assumir esse propósito. Em 1928, Griffith provou que injeção de material purificado de bactérias virulentas como a *Streptococcus pneumoniae* — bactéria que causa a pneumonia— numa bactéria benigna, após incubação a altas temperaturas, tornava a bactéria novamente virulenta indicando que o material genético da bactéria tinha sido alterado. Em 1944, Arvey e os colegas

identificaram, embora cautelosos com a possibilidade[96](Fry, 2016), o ADN como responsável dessa transformação.

> The present paper is concerned with a more detailed analysis of the phenome- non of transformation of specific types of Pneumococcus. The major interest has centered in attempts to isolate the active principle from crude bacterial extracts and identify if possible its chemical nature or at least to characterize it sufficiently to place it in a general group of known chemical substances (Avery, MacLeod, & McCarty,1944, as cited in Fry, 2016).

No contexto de 1944, em que os ácidos nucleicos eram considerados demasiado simples para possuírem a função de material genético, a proposta apresentada no artigo de Arvey e os seus colegas é revolucionária (Fry, 2016).

Ainda durante esta década, Hershey[97] & Chase, identificaram os mecanismos com que os vírus atacam e matam bactérias (Figura 12). Nesta investigação recolheram ainda informações acerca da composição do material genético (Olby, 1994 as cited in Weisberg, 2006). Quando um vírus ataca um organismo, usa o mecanismo reprodutivo desse organismo para se reproduzir suportando a ideia de que o ADN seria responsável por transportar a informação genética do vírus para a bactéria.

96 "...it was still possible that the transforming principle was not DNA but some non-DNA minor component." (Fry,2016)

97Um dos fundadores do Phage Group —grupo Bacteriófago, que incluiu em diferentes fases nomes proeminentes da biologia molecular tais como James Watson; Seymour Benzer; Franklin Stahl e Gunther Stent..

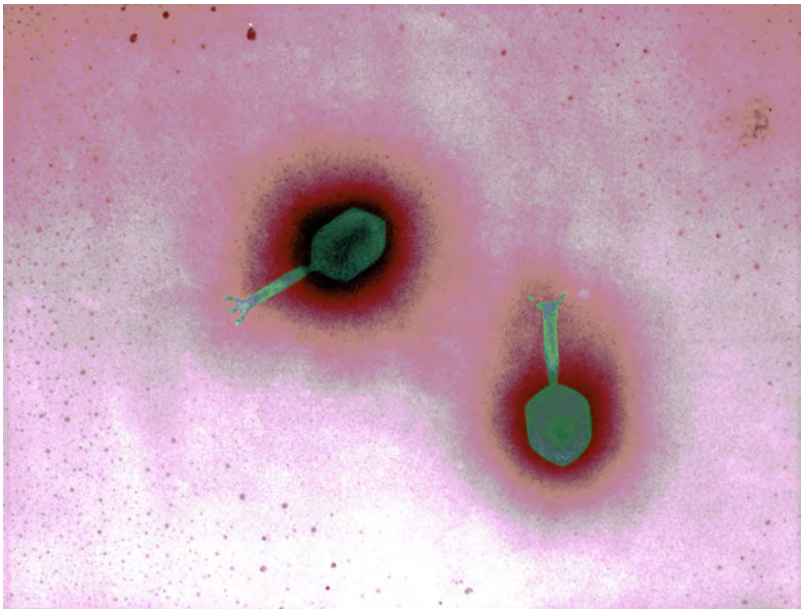


Figura 12— *Bacteriophage T4 © David Gregory & Debbie Marshall*

> The finding that the nuclear reaction $P^{32} \rightarrow S^{32}$kills radioactive phage with an efficiency of about 0.086 per atom transformed presumably means that at least this fraction of the phosphorous atoms of the phage particle is situated in vital structures, and therefore that the vital structures contain nucleic acid (Hershey et al., 1951 as cited in Fry, 2016).

Esta inferência formaliza a perceção que o acido nucleico era vital para a reprodução dos fagos (Fry, 2016).

Chargaff eliminou a hipótese da estrutura tetra-nucleótido do ADN conduzindo uma série de estudos químicos (Olby, 1994 as cited in Weisberg, 2006), nos quais analisou as proporções relativas das bases do ADN em diferentes organismos concluiu que o rácio de $(G + C)$, número total de bases $(A + G + C + T)$ tende a ser constante numa determinada espécie, mas varia entre espécies —Chargaff's GC rule— (Forsdyke, 2011). A premissa tetra-nucleótido foi substituída pelas afirmações de Chargaff:

> The deoxypentose nucleic acids [DNA] from animal and microbial cells contain varying proportions of the same four nitrogenous constituents, namely adenine, guanine, cytosine,

thymine. Their composition appears to be characteristic of the species, but not the tissue e, The results serve to disprove the tetranucleotide hypothesis (Fry, 2016).

DNA is in its composition characteristic of the species from which it is derived. This can be demonstrated by determining the ratios in which the individual purines and pyrimidines occur. There appear to exist two main groups of DNA, namely the 'AT type,' in which adenine and thymine predominate, and the 'GC type,' in which guanine and cytosine are the major constituents (Erwin Chargaff ,1951, as cited in Forsdyke, 2011).

Estes dados permitiram concluir a existência de muita variabilidade, tal que permitia associar a função de transportar código genético ao ADN. Estes dados não eram os que Watson e Crick procuravam, pois, os rácios 1:1 eram consequência do modelo e não a informação que permitiria a sua determinação: "The data of Chargaff's, you know, wasn't all that convincing unless you wanted to believe it" (Crick, n.d, as cited in Schindler, 2008).

Em 1950, a questão[98] central para Watson e Crick é a descoberta da estrutura da molécula. Em 1951 começaram a sua colaboração na Universidade de Cambridge.

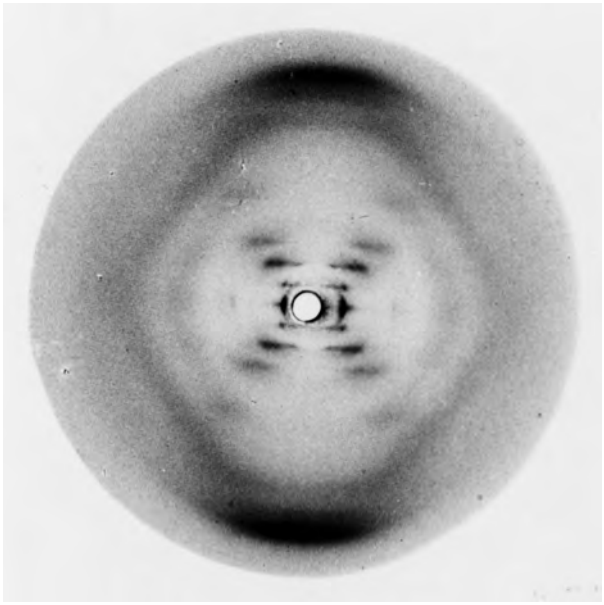


Figura 13— *Picture 51 Rosalind Franklin © King's College London Archives*

98 Indivíduos responsáveis por descobertas criativas tem uma competência— problem finding— ou intuição que lhes permitem identificaro problema de importância critica(Weisberg, 2006).

A difração de raios X permite determinar a posição dos átomos de uma estrutura cristalina. Os raios X com o comprimento de onda, λ, da mesma ordem de grandeza do espaçamento entre os átomos da molécula são difratados pelos eletrões deixando marcas de intensidade variada, que resultam da intensidade dos raios refletidos, numa placa fotográfica (Figura 13). Mas os dados não refletem a diferença de fase da onda refletida necessária para realizar uma análise de Fourier[99].Em alguns casos a simetria da estrutura cristalina permite a inferência da fase. Quando não é possível fazê-lo a alternativa consiste na síntese de Patterson[100], que mapeia apenas as distâncias interatómicas, mas não as posições atómicas absolutas, o que resulta em $N(N-1)$ pontos (que não incluem o ponto central nem sobreposições) (Schindler, 2008). A abordagem de Rosalind Franklin implicava a utilização da função de Patterson, mas apesar de ter estado muito perto de descobrir a estrutura não foi bem-sucedida (Maddox, 2003), pois havia ainda uma peça que faltava— a estrutura das proteínas na investigação de Sir Linus Pauling[101] com Robert Corey e Herman Branson. A abordagem de Pauling parte dos componentes para a estrutura, i.e., os ângulos e comprimento das ligações definem as restrições a que o modelo deve obedecer: "three-dimensional puzzles in which the individual pieces to be fitted together already carried many of the limitations of angles, lengths, and sizes" (Judson, 1996, as cited in Schindler, 2008).

> All the bond distances were known and all the bond angles. However, there can be fairly free rotation about bonds called single bonds (but not, by contrast, about double bonds), and the exact configuration of the atoms in space depends on just *how these angles of rotation are fixed*. (Crick, 1988, as cited in Schindler, 2008).

Os dados estereoquímicos de Pauling e o postulado de que a estrutura do ADN seria uma hélice regular reduziu drasticamente o número de parâmetros livres. É possível imaginar os vários

99 A série de Fourier pode representar 'any physical event that repeats at regular intervals' e reduzi-lo a um conjunto de funções trigonométricas simples— senos e cosenos—(Judson, 1996, as cited in Schindler, 2008).

100 A série de Patterson é uma série de Fourier em que os coeficientes são intensidades em vez de amplitudes (Schindler, 2008).

101 Será pois legítimo questionar: Tendo sido a sua contribuição inquestionável porque Pauling não descobriu a estrutura do ADN? Nas suas palavras: "I don't know, I guess that I always thought that the DNA structure was mine to solve, and therefore I didn't pursue it aggressively enough"(Lake, 2001) in Nature.

movimentos de Watson e Crick, para criarem o modelo[102] de ADN construído de fio e folha-de-flandres (French, 2018). Mas como poderiam eles criar uma representação do que não viam? Watson e Crick começaram o seu trabalho com uma ideia do que a estrutura poderia ser e, usaram-na para interpretar resultados de experiências bioquímicas e biofísicas (Weisberg & Reeves, 2013). As hélices triplas, com as bases no exterior, apesar de suposições válidas cientificamente[103], com base na informação disponível, estavam incorretas (Figura 14).

> The x-ray photographs show a very strong meridional reflection, with spacing about 3.40 A. This reflection corresponds to a distance along the fiber axis equal to three times the distance per residue. […] The alternative explanation of the x-ray data is that the cylindrical molecule is formed of three chains, which are coiled about one another. The structure that we propose is a three-chain structure, each chain being a helix with fundamental translation equal to 3.4 A, and the three chains being related to one another (except for differences in the nitrogen bases) by the operations of a threefold axis (Pauling & Corey, 1952, as cited in Fry, 2016).

102 Podemos afirmar que a entidade física do modelo possui elegância, de modo equivalente ao de uma escultura informada de valores estéticos(French, 2018).

103 Tripla hélice pela evidência da densidade do ADN. As bases foram colocadas no exterior — porque Watson e Crick não sabiam como coloca-as no interior da estrutura. Por terem tamanhos diferentes iriam contrariar a rigidez da estrutura do ADN que já sabiam verdadeira (Weisberg & Reeves, 2013).

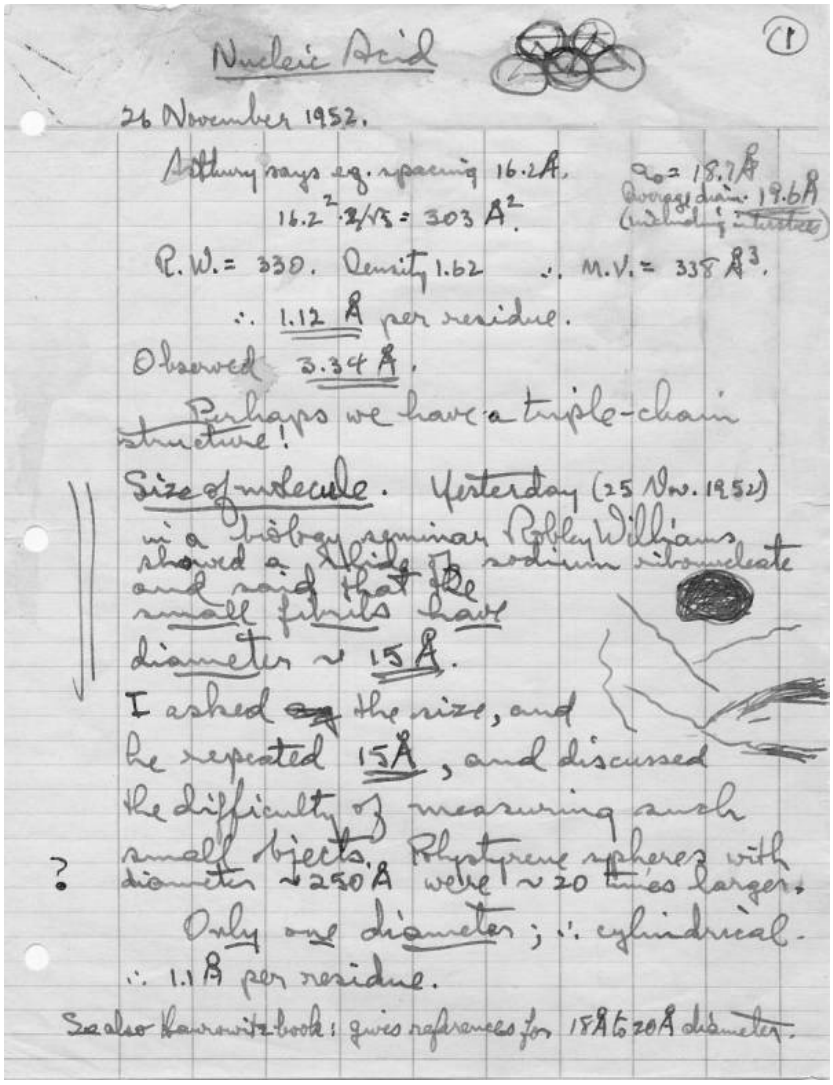
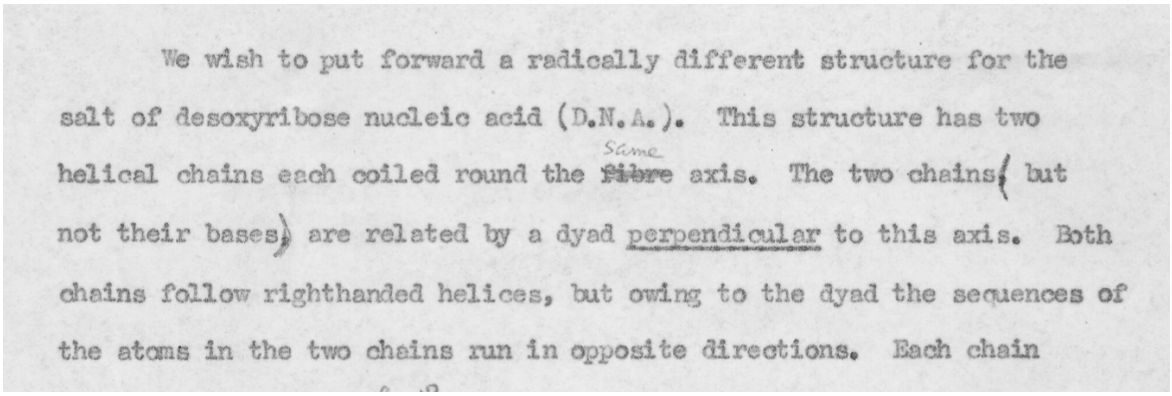


Figura 14— *Linus Pauling —Triple-chain structure © Oregon State University*

O primeiro erro, ignora o efeito do pH na ionização dos grupos de fosfato, para um valor $pH \sim 7.0$, os iões de hidrogénio dissociam-se deixando grupos de O^-, que destruiriam o núcleo do ADN. O segundo erro, o seu modelo não menciona os iões de sódio e finalmente não contempla as regras de Chargaff (Fry, 2016). Segundo Crick, Pauling, Corey e Branson falharam a descoberta porque deram demasiada ênfase a alguns dados experimentais desvalorizando outros "was important not to place too much reliance on any single piece of experimental evidence. It might turn out to be misleading, as the 5.1 A ˚ reflection undoubtedly was (Crick,1988, as cited in Schlinder, 2008).



We wish to put forward a radically different structure for the salt of desoxyribose nucleic acid (D.N.A.). This structure has two helical chains each coiled round the ~~fibre~~ same axis. The two chains (but not their bases) are related by a dyad perpendicular to this axis. Both chains follow righthanded helices, but owing to the dyad the sequences of the atoms in the two chains run in opposite directions. Each chain

Figura 15— "*A Structure for DNA*" *— 1953 © Wellcome Collection*

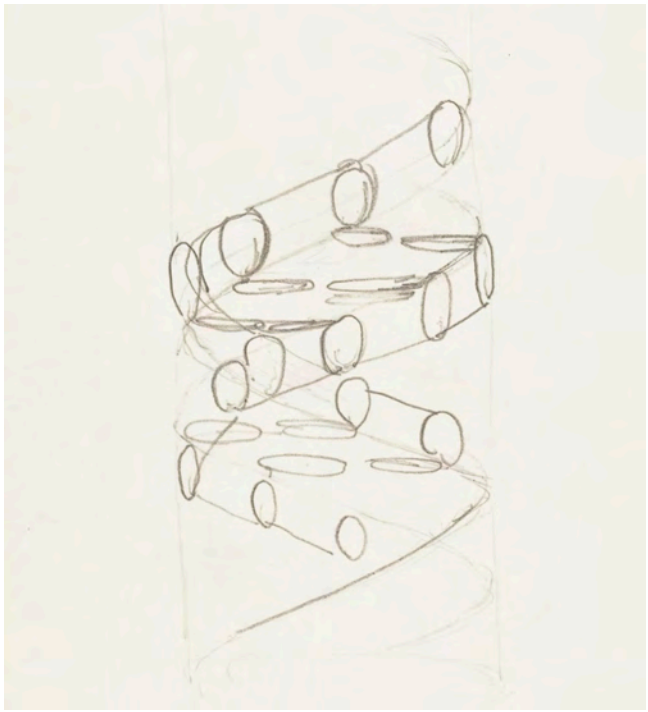


Figura 16— *DNA — arquivo de Francis Crick © Wellcome Collection*

Demorou um ano até formalizarem o modelo correto do ADN, período no qual recolheram novas evidências científicas que apontavam para uma estrutura de dupla hélice[104] (Figura 15). A estrutura nesta fase, início de 1953 ainda comtemplava as bases no exterior. Para resolver este problema começaram por considerar organizações possíveis das bases no interior.

104 ADN quando exposto a hidratação aumentava o seu tamanho em cerca de 20% permitindo a dedução de se tratar-se de uma estrutura em dupla hélice(Weisberg & Reeves, 2013).

Watson começou por considerar inicialmente a combinação de bases do mesmo tipo $A\ com\ A$, $C\ com\ C$, ..., a proposta ficou conhecida como *like-with-like* ou *like-like*. Esta ideia falhou devido ao facto de as bases possuírem diferentes tamanhos, o que levou que Watson considerasse outras possibilidades —complementary pairings[105]. Watson regista posteriormente os eventos daquele sábado de manhã em fevereiro de 1953:

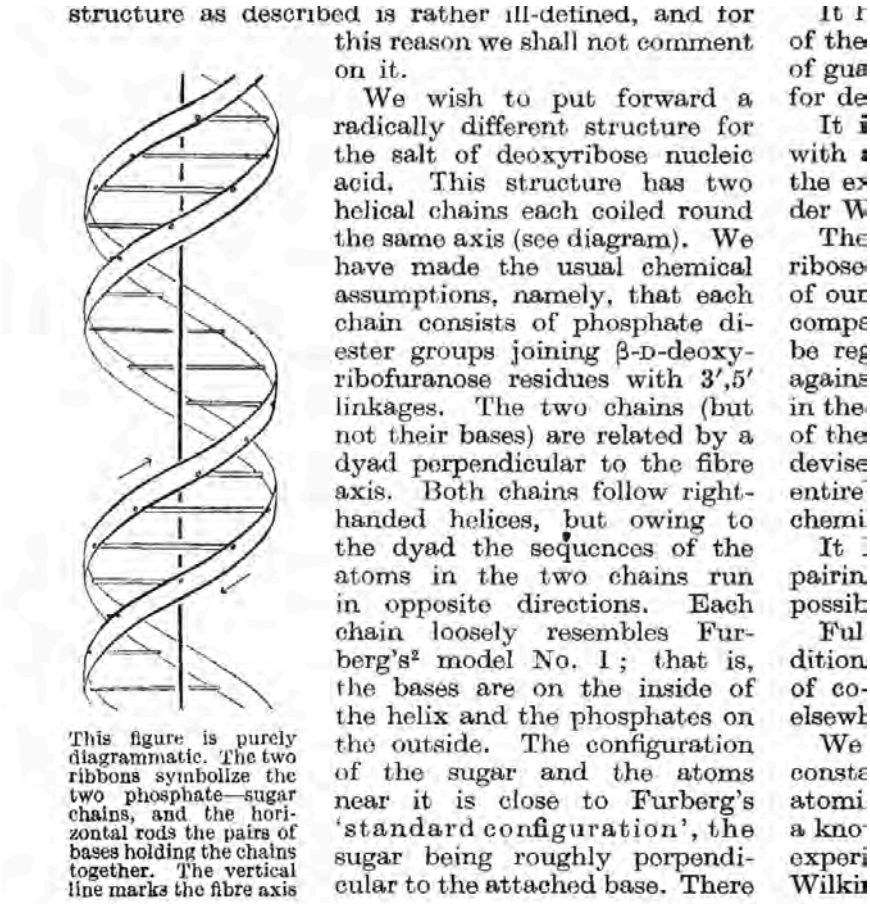
> When I got to our still-empty office...[t]hough I initially went back to my like-like prejudices, I saw all too well that they led nowhere (…). [I] began shifting the bases in and out of various other pairing possibilities. Suddenly I became aware that an [A–T] pair held together by two hydrogen bonds was identical in shape to a [G–C] pair held together by at least two hydrogen bonds. All the hydrogen bonds seemed to form naturally; no fudging was required to make the two types of base pairs identical in shape (…).Upon his arrival Francis [Crick] did not get more than halfway through the door before I let loose that the answer to everything was in our hands (Watson ,1968, as cited in, Weisberg & Reeves, 2013).

A análise do processo associado à descoberta da estrutura do ADN, no contexto da história da ciência, permite concluir que Watson e Crick utilizaram as evidências disponíveis, nomeadamente o trabalho de Linus Pauling, como base da sua investigação — exemplificando transferência. Em segundo, quando o modelo inicial provou ser incorreto começaram a testar outras hipóteses, permitindo-lhes adquirir novos conhecimentos que os conduziu à estrutura correta (Figura 16) e (Figura 17).

De acordo com os *standards* atuais da filosofia da ciência o comportamento de Watson e Crick, pode ser considerado irracional — não tendo decorrido de modo estritamente lógico (Weisberg, 2006), contudo o texto evidencia que outros cientistas, que tinham o mesmo interesse,

105 Bases diferentes associadas de modo que se complementassem (Weisberg & Reeves, 2013). Crick e Watson postularam a estrutura e não a inferiram a com base em dados científicos, o que Rosalind Franklin pretendia fazer (Schindler, 2008)

não foram bem-sucedidos por valorizarem em demasia alguns dados científicos e desvalorizarem outros (Schindler, 2008).



structure as described is rather ill-defined, and for this reason we shall not comment on it.

We wish to put forward a radically different structure for the salt of deoxyribose nucleic acid. This structure has two helical chains each coiled round the same axis (see diagram). We have made the usual chemical assumptions, namely, that each chain consists of phosphate diester groups joining β-D-deoxyribofuranose residues with 3′,5′ linkages. The two chains (but not their bases) are related by a dyad perpendicular to the fibre axis. Both chains follow right-handed helices, but owing to the dyad the sequences of the atoms in the two chains run in opposite directions. Each chain loosely resembles Furberg's[2] model No. 1; that is, the bases are on the inside of the helix and the phosphates on the outside. The configuration of the sugar and the atoms near it is close to Furberg's 'standard configuration', the sugar being roughly perpendicular to the attached base. There

This figure is purely diagrammatic. The two ribbons symbolize the two phosphate—sugar chains, and the horizontal rods the pairs of bases holding the chains together. The vertical line marks the fibre axis

Figura 17— *Detalhe artigo Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid WATSON, J. D., CRICK, F. H. C. ©Nature*

Apesar de não ter sido universalmente aceite, a estrutura proposta por Watson e Circk, aquando da apresentação a 272 investigadores no *18th annual CSHL Sym Symposium on Quantitative Biology*, Françoise Jacob descreve-a "This structure was of such simplicity, such perfection, such har- mony, such beauty even, and biological advantages flowed from it with such vigor and clarity that one could not believe it to be untrue (Jacob, 1953 as cited in Fry, 2016).

> The scientific community thus accepted the double helix as the structure of DNA, although no one had ever seen it directly. Thus, if a scientist's model or theory can explain experimental results, and is useful in predicting future research findings, then one can say that the phenomenon described by the theory exists (even if one cannot see it) (Weisberg & Reeves, 2013).

1.7.2 A Interpretação

O instinto do conhecimento, nos humanos, é tão crucial que estes estão inata e intrinsecamente motivados[106] para explicar as entradas sensoriais pela maximização da proximidade entre as representações e a informação nova (Sarasso et al., 2020). A interpretação é um meio pelo qual os humanos atribuem significado a fenómenos relevantes, quer esses fenómenos pertençam ao movimento artístico ou ao movimento científico. Em ambos existe uma ligação ao entendimento (Bueno, 2018).

1.7.2.1 Na Arte

A interpretação de uma obra de arte procura o entendimento do seu significado e a sua apreciação (Sarasso et al., 2020). Bueno (2018) identifica duas visões relativas à interpretação nas artes: a metafisica e a de atribuição de sentido. A primeira torna necessário assumir como verdadeiros os intentos, implícitos ou explícitos, da obra, (sem a interpretação a obra está num estado indeterminado), a segunda, na sua incompletude, sugere tensões que deverão ser articuladas pela interpretação. Subjacente é a ideia de que as obras de arte, independentemente da sua forma, são afirmativas[107]. "To determine what they state typically requires an interpretation,

106 Os picos emocionais que traduzem a satisfação desse instinto ativam o sistema opioide de aquisição de conhecimento (Sarasso et al., 2020).

107 Mesmo que não assumam forma linguística.

which both fills out details not explicitly settled by the work and provides the conditions under which what is stated by the artwork is true" (Bueno, 2018).

Se a atribuição de significado não reclama necessariamente a intenção expressa na obra pelo artista, estamos perante a visão pluralista de interpretações não combináveis entre si. O monismo contraria esta filosofia defendendo que a experiência estética maximizada só é possível na unidade da força primitiva da ideia do artista (Stecker, 2015). A inexistência de consenso sobre o estado de haver significado de uma obra é um argumento que convocamos como constitutivo na interpretação de obras de arte que instrumentalizam tecnologias científicas pois o significado com que contribuem para a obra é distante do conhecimento comum.

Nas circunstâncias em que a experiência estética de uma obra de arte implica consciência situacional do sujeito devemos ter em conta que a exposição tem contornos motivacionais intrínsecos. Se considerarmos a dimensão dos objetos artísticos como objetos sociais com intencionalidade expressiva do criador devemos considerar a sua influência na experiência emocional percecionada (Kreuzbauer, 2017). É essencial integrar que as experiências cognitivas novas, ricas e vívidas expostas na obra de arte informam e iluminam a multiplicidade de entendimento do mundo. A arte expande o nosso horizonte cognitivo quer desafiando crenças pré-existentes quer aprofundando-as (Kieran, 2005). Afastados das convenções[108] que favorecem as interpretações a relação circular entre a hipotética intenção, a experiência estética, interpretação e, conhecimento[109] redesenha-se. A beleza requer pensamento.

108 Convenções linguísticas utilizadas no nome designativo da obra; o enunciado e o contexto da apresentação da obra (Stecker, 2005)

109 Entre os filósofos a relação arte-conhecimento não é linear. Pensar arte como fonte de conhecimento é uma questão controversa por não existir resposta satisfatória às questões: o que se aprende e como. (John, 2005)

1.7.2.1.1 Estudo de caso: The Cana Triptych—Hieronymus Bosch

A interpretação no domínio da arte, implica o reconhecimento de uma ideia, que organizado conceptualmente e perceptualmente na nossa mente nos permite extrapolar significados. O momento histórico é constitutivo nas obras de arte; as obras autênticas são as que se entregam sem reservas ao conteúdo material histórico da sua época e sem a pretensão sobre ela. São a historiografia inconsciente de si mesma na sua época; o que não é o último fator da sua mediação relativamente ao conhecimento (Adorno, 2011).

Vejamos a obra de Hieronymus Bosch no contexto cultural da era medieval tardia em que a natureza apesar de ordenada, não obedece a princípios universais no espaço-tempo[110], mas a uma ontologia do sobrenatural, do extraordinário e do maravilhoso (Daston and Park, 1998).

O inventário das bibliotecas e coleções da corte de Borgonha, que continham manuscritos esplendidamente ilustrados[111] (Figura 18), entre eles o *Livre des propriétes des choses*[112]. As iluminuras enquadram o sentido da cultura intelectual e visual em que Bosch se movimentava e que tinha como referencial quando produzia uma obra comissionada pelos nobres da corte (Carroll, 2022), obras religiosas que continham o retrato do comitente e várias obras religiosas que adornavam a capela de Saint John (Vandenbroeck, 2016).

110 As leis universais começaram a ser entendidas no final do século dezassete, início do século dezoito.

111 A maioria dos inventários das coleções aristocráticas do séc. XV, da Europa do Norte, continha: várias cópias do Livre des propriétes des choses , Barthélemy l'Anglais, c.1470), Roman de la rose, Netherlands c. 1490-c. 1500 ; Livre dou trésor ,Brunetto Latini's (1260-1266); ... (Carroll, 2022).

112 Em estilo enciclopédico inicia com a narrativa da criação de Deus e anjos até à criação da humanidade, o firmamento e as estrelas; os quatro elementos: fogo, ar (pássaros), água (oceanos, rios, peixes) e Terra (geologia, geografia, plantas—A rose is a rose; it might have medicinal properties— e animais terrestres); o extenso tratamento de assuntos relacionados com fenómenos da Terra e do céu e que evidencia uma curiosidade enciclopédica (Carroll, 2022).

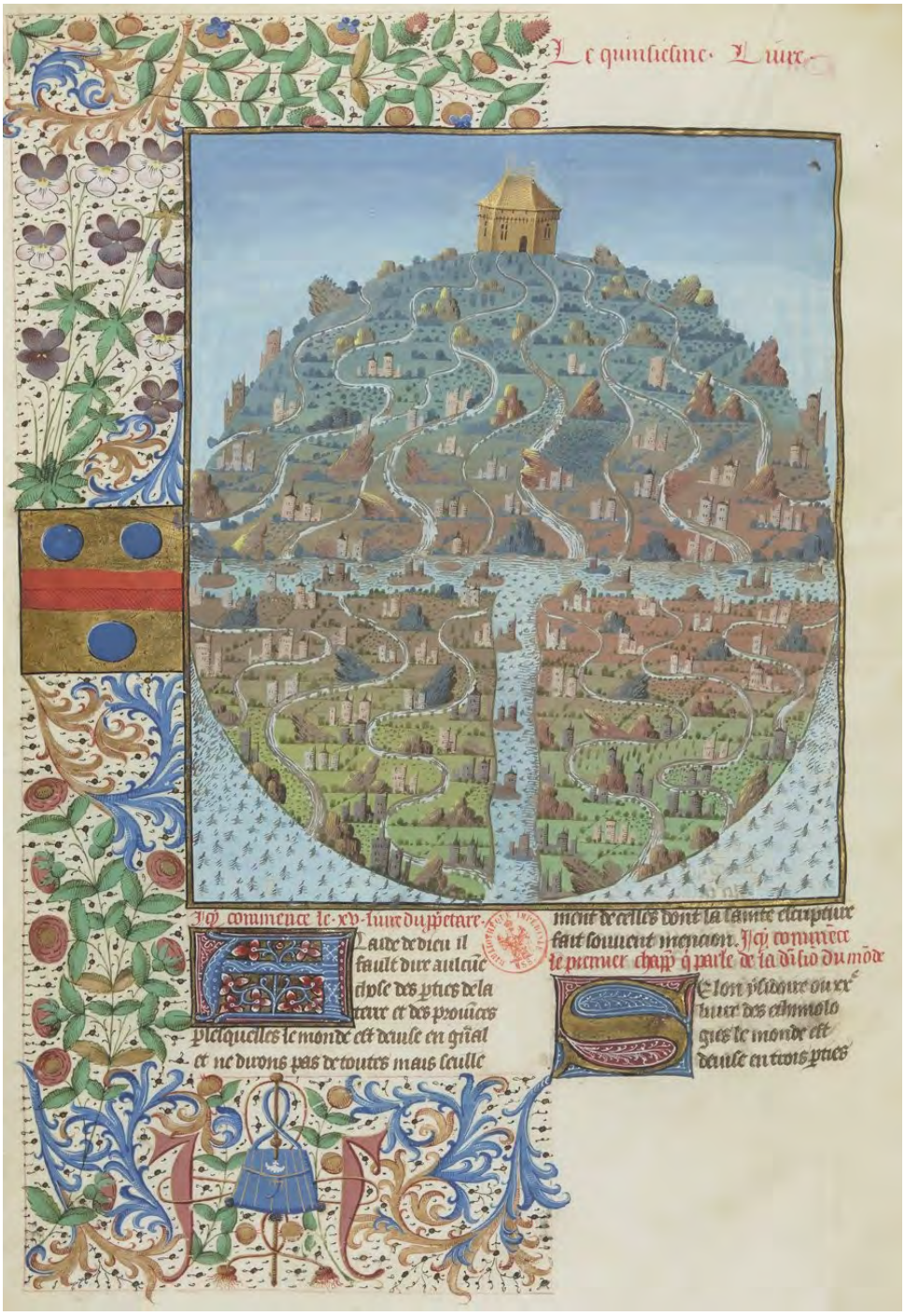


Figura 18— *" On the rivers and regions of the earth" — Barthélemy l'Anglais, Livre des propriétés des choses, c.1470, Paris, Bibliothèque Nationale*

Apesar disso, Bosch quebrou os modelos da cultura visual flamenga do séc. XV, pois a sua dimensão intelectual única permitiu-lhe a invenção e associação extraordinária de ideias

(Vandenbroeck, 2016), enfatizando[113], *speculum mundi* (Benesch, 1957), a presença do mal no mundo, repleto de demónios (Vandenbroeck, 2016), a distância da presença dos santos e de Cristo, também ele sitiado e atormentado (Vandenbroeck, 2016), que sofreu nas mãos da humanidade e que irá voltar, justo, no dia do Julgamento (Silver, 2009). Para além da inspiração religiosa, o modelo de conduta de concebido por Bosch, estruturou-se também nos mecanismos de sobrevivência do homem comum e da doutrina estoica.

O conhecimento da elite e da cultura da classe média (Vandenbroeck, 2016) permeia a obra de Bosch e é *conditio sine qua non* para a decifrar, pois a sua obra transmite uma visão ampla da humanidade, da sociedade e do mundo e, em simultâneo, comunica um conjunto de valores profundo, um sistema ético formalista[114] e racionalista[115] , que tendia para o utilitarismo e praticidade — *vita activa* (Vandenbroeck, 2016). O moralismo presente na sua obra tende para a convergência entre os conceitos religiosos contemporâneos relativos à vida terrena e à vida *post mortem,* e o desejo de viver uma *dolce vita* num contexto em que as elites ansiavam a distinção pela sua moral e pelo seu comportamento, ou na impossibilidade desta última, uma vida mais fácil (Fischer, 2021).

Avocamos para o entendimento da estrutura ética implicada na obra de Bosch que equaciona o vício e o pecado o texto do humanista Sebastian Brant, *Das Narrenschiff*[116], publicado em 1494, na Basileia, com similaridades formais à sua obra *The Ship of Fools* (Figura 19) e (Figura 20), que conjuntamente com o fragmento *An Allegory of Intemperance*[117] (Figura 21), formavam o painel esquerdo do tríptico *The Cana Triptych*[118] (Figura 22).

---

113 Epitomizada nos trípticos que representam a queda da humanidade no jardim do Éden (Silver, 2009).

114 Bosch atribui o comportamento aberrante, nas suas várias formas de imoralidade, aos indivíduos que pertencem às classes sociais baixas (Vandenbroeck, 2016).

115 Bosch utiliza um conjunto de símbolos que ligam os vícios à loucura, irracionalidade e estupidez. A equação que liga o vício e a loucura tem um paralelo na alta idade média Ubi caritas est, claritas est (Vandenbroeck, 2016), onde existe a virtude existe a sabedoria (tradução livre).

116 Obra influenciou significativamente os cânones da literatura europeia e a obra de Bosch (Parker, 2020).

117 Representa dois, dos sete, pecados mortais: gula e luxuria (Fischer, 2021).

118 O tríptico é constituído pelas obras: The Ship of Fools, c.1500-1510 Paris, Musée du Louvre; An Allegory of Intemperance, c. 1500-1510 New Haven, Yale University Art Gallery – painel interior esquerdo—; The Wedding at Cana, c. 1560, Rotterdam, Museum Boijmans Van Beuningen—painel central—; Death and the Miser, c. 1485/1490 Samuel H. Kress Collection, Washington, National Gallery of Art — painel interior direito. O painel central original não resistiu ao tempo sendo que a cópia mais fidedigna é um desenho que se encontra no Musée du Louvre e, a melhor pintura, apesar de incompleta, a que se encontra em Roterdão. A assunção da constituição original do tríptico justifica-se na correspondência das dimensões dos painéis e as suas ligações composicionais (Fischer, 2021).



Figura 19— *Detalhe The Ship of Fools, c.1500-1510 Paris, Musée du Louvre, inv. no. RF 2218*



Figura 20— *Detalhe coruja The Ship of Fools, c.1500-1510 Paris, Musée du Louvre, inv. no. RF 2218*



Figura 21— *An Allegory of Intemperance, c. 1500-1510 New Haven, Yale University Art Gallery, inv. no. 1959.15.22*



Figura 22— *Reconstrução The Wedding at Cana with Exempla ("The Cana Triptych"), c.1500-1510*

Introdução

Na narrativa satírica[119], que pretende conquistar a sabedoria, Brant analisa a loucura humana. Na obra cem néscios embarcam numa viagem sem destino, através do mar do tempo. A sua loucura e comportamentos imorais condenáveis do ponto de vista social (Vandenbroeck, 2006) são descritos em detalhe a cada capítulo[120]. A glutonaria e o alcoolismo contados no capítulo "*Of glotons and dronkardes",* e a luxúria, no capítulo "*Of disordred loue and venervous*", propõem narrativas que na composição final de Bosch assumem um conteúdo novo e alternativo. A narrativa visual de Bosch na obra *The Ship of Fools* oferece críticas singulares aos comportamentos descritos por Brant e, por referência, expandem o seu significado (Parker, 2020).

Na pintura as personagens interagem entre si como que esquecidas do mundo (Fischer, 2021). O pecado da gula é representado pela personagem, vestida de vermelho e empunhando uma faca, que tenta escalar o mastro principal até ao frango depenado, símbolo da glutonaria, que se encontra amarrado. Destacamos ainda, as personagens que estão associadas ao pecado da luxúria, um frade Franciscano e uma freira da Ordem das Clarissas a tocar alaúde, sentados no meio do barco parecem cantar. Um pedaço de pão pendurado está ao alcance das suas bocas e, entre eles, numa prancha que se projeta para o exterior do barco, um copo de estanho e um prato com cerejas que segundo Vandenbroeck representam a luxúria (Vandenbroeck, 1989 as cited in Fischer 2021), ainda complementada pela representação do um jarro invertido colocado num longo ramo que atravessa diagonalmente a composição (Fischer, 2021).

A narrativa imagética de Bosch espraia-se para a secção inferior do painel esquerdo, *An Allegory of Intemperance*, com duas cenas. No canto superior esquerdo, quatro figuras nuas agarram-se a um barril flutuante em que está montado um homem de negócios. Transporta sobre o seu ombro direito um mastro com uma bola pendurada, usa na cabeça um capuz e um funil invertido. Ele representa a prodigalidade (Fischer, 2021). A associação da música, da bebida, do

119 A abordagem estruturada consiste em três linhas, que podem ser entendidas como um lema; uma xilogravura, a maioria atribuídas ao jovem Albrecht Dürer (sendo que numa visão mais conservadora Erwin Panofsky em 1945, defende que apenas um terço, das xilogravuras, pertencem a Dürer), e várias páginas de poemas numa envolvência de significado simultaneamente textual e visual Bosch explora as relações imagem-imagem e texto-imagem da obra de Brant (Parker, 2020).

120 https://www.gutenberg.org/files/20179/20179-h/20179-h.htm#contf

alimento e a luxúria estão também representados em *Garden of Earthly Delights*, nesta obra e segundo a perspetiva de Fischer, a natureza florescente simboliza os instintos humanos que pretendem atrair o prazer sensual. Os frutos e plantas antinaturais transportam associações negativas pois representam um crescimento desmedido: uma metáfora para a ausência de controlo dos instintos e sentidos do pecador (Fischer, 2021).

A indulgência dos sentidos evocados no painel esquerdo do tríptico, propendem para *The Death and The Miser* (Figura 23), representados no painel oposto e que se aproximam da iconografia Medieval, *ars moriendi,* cujos textos aconselhavam, os que desejavam o céu, acerca do modo adequado de morrer. Bosch pinta um avarento, em agonia a ser tentado, por um demónio que lhe oferece um saco com dinheiro. A morte, representada por entre a porta aberta, acrescenta dramatismo à composição, ao mesmo tempo que um anjo suplicante orienta o olhar do moribundo para a salvação: um crucifixo que se encontra na janela através do qual se projeta um raio de luz. O painel central representa as Bodas de Caná, na Galileia, e o primeiro milagre de Jesus.

A interpretação que aqui apresentamos insere-se no arco narrativo dos estudos inicias da obra de Bosch, numa era em que transformações do mundo e do comportamento humano são captura do seu olhar. Mas Bosch continua a surpreender-nos nomeadamente ao integrarmos os recentes estudos técnicos —reflectografia e fotografia infravermelho — que nos revelam as subimagens das pinturas.



Figura 23— *Death and the Miser, c.1500-1510, Washington, National Gallery of Art, Samuel H. Kress Collection, inv. no. 1952.5.33*

1.7.2.2 Na Ciência

> …seeing some of the qualitative consequences of the equations by some method other than solving them in detail.
>
> **—Richard Feynman**

A interpretação é crucial na prática científica. As interpretações são invocadas para atribuir sentido não obstante as restrições teóricas e características empíricas da prática científica, num universo de teorias e experiências relevantes e de questões por resolver[121]. Existem dois pontos de vista principais relativos à natureza da interpretação em ciência: o modelo teórico e visão modal. No primeiro a interpretação é uma atribuição do valor lógico verdadeiro às afirmações que constituem uma teoria em concordância com fórmulas matemáticas permitindo análise de resultados. Na conceção modal a interpretação resulta da consideração de como o mundo seria se uma determinada teoria assumisse o valor verdadeiro e como as possibilidades que indaga podem eventualmente ser solucionadas.

No domínio científico o sucesso epistémico associado ao entendimento diferencia-se do conhecimento. Antes de avançarmos, são fundamentais algumas considerações. O raciocínio científico integra experiências de pensamento (EP[122]) e modelos científicos (MC[123]). Ambos implicam a imaginação. A imaginação percetual exigida na interpretação de resultados científicos é efetiva na produção científica. A interpretação, crucial e ubíqua, quer no domínio científico quer artístico, está ligada ao entendimento e sugere a imaginação de objetos relevantes (Bueno, 2018).

O entendimento é pictórico em contraste com a característica proposicional do conhecimento. A eficácia epistémica das imagens mede-se pela eficácia com que explicam, unificam e expõem relações causais ou outras promovendo a sua leitura e contextualização (Meynell, 2020).

---

121 A título de exemplo: se o mundo é determinístico ou estabelecido de acordo com o modelo filosófico do indeterminismo; qual a natureza ultima das partes constituintes básicas do mundo(Bueno, 2018)

122 Thought experiments (Todd, 2020)

123 Scientific Models(Todd, 2020)

Nas imagens[124] algumas características espaciais são partilhadas com o referente e transportam um conteúdo implícito do nosso conhecimento da realidade e dos efeitos da casualidade. Este facto estabelece uma ligação entre visualização e entendimento. Contrariamente ao que acontece numa afirmação, devido ao seu caracter linear, numa imagem o conteúdo não está previamente organizado, mas deve a sua organização a quem a vê. "Excellence ... consists of complex ideas communicated with clarity, precision, and efficiency. Graphical displays should (…) encourage the eye to compare different pieces of data; reveal the data at several levels of detail, from broad view to fine structure" (Tufte, 2001 as cited in Meynell, 2020).

Este processo exige a unificação do conteúdo[125] enquanto se olha, em simultâneo, as partes ao mesmo tempo que a plausibilidade implícita suporta outros cenários possíveis.

1.7.2.2.1 Estudo de caso: "Feynman Diagrams" — Richard Feynman

Na física eletrodinâmica quântica, tomamos como exemplo os Feynman Diagrams[126] (FD). Richard Feynman, criou estes diagramas para representar o cálculo da probabilidade da posição final de dois eletrões dadas as suas posições iniciais, considerando as suas forças de atração e de repulsão, de modo que cada componente corresponda a uma expressão matemática.

Na eletrodinâmica quântica ao nível das partículas fundamentais existem trocas fotões virtuais[127].Um problema consistia no facto de os fotões existirem a partir de uma quantidade qualquer de energia, mesmo que infinita, desde que a libertassem rapidamente. O outro consistia no número de interações possíveis n que à medida que aumentam complexificam as equações do cálculo do contributo de cada interação.

Os físicos teóricos consideraram que a aproximação, no cálculo da equação, possível devido pelo facto de carga do eletrão ser da ordem de $e^2 \sim {}^{1}/_{137}$ e, portanto, as cargas envolvidas

124 A forma significante das imagens bidimensionais diferencia-se por mostrar todo o seu conteúdo de uma vez, ao contrário das frases num texto que o apresentam linearmente (Meynell, 2020).

125 "see the big picture" (Meynell, 2020).

126 Os FD revolucionaram a física teórica(Kaiser, 2005).

127 A partícula virtual existe, emitindo luz, numa escala de tempo definida pelo principio de incerteza de Werner Heisenberg' a partir de energia do vazio (Kaiser, 2005).

na interação dos eletrões seriam por ela regidas. Assim, num cenário em que os eletrões trocam apenas um fotão, o fator de troca será e^2 e, se estiverem envolvidos dois fotões o fator será menor na ordem de e^4. Este segundo evento representa, para o cálculo total, $^1/_{100}$ da contribuição registada pela troca de apenas um fotão. Na troca de três fotões o fator será na ordem e^6, e assim

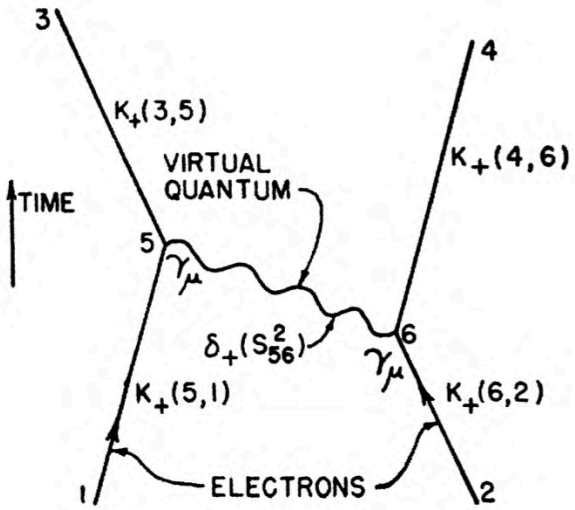


Figura 24— *Diagrama Feynman (Interação fundamental)*

© American Physical Society

sucessivamente. Apesar de todas estas contribuições, mesmo que infinitesimais, terem de ser consideradas no cálculo final os físicos teóricos decidiram truncar a expressão para ponderarem apenas os termos que mais contribuem[128]. Feynman propôs, para solucionar o problema, o diagrama (Figura 24) bidimensional da interação com um fotão em que o espaço é representado no eixo horizontal e o tempo no eixo vertical.

128 Cálculo perturbativo.

A equação fundamental da eletrodinâmica descreve o efeito de troca de um quantum (primeira ordem e^2) entre dois eletrões (Feynmam, 1949).

$$K^{(1)}(3,4;1,2) = -ie^2 \iint K_{+a}\,(3,5)K_{+b}\,(4,6)\gamma_{a\mu}\gamma_{b\mu} \times \delta_+(S_{56^2})K_{+a}(5,1)K_{+b}\,(6,2)d\tau_5 d\tau_6$$

A descrição matemática: um eletrão tem uma determinada probabilidade $K_+(5,1)$ de se mover como uma partícula livre de um ponto x_1 para outro x_5. O movimento do outro eletrão, do ponto x_2 para x_6, uma probabilidade $K_+(6,2)$. Este segundo eletrão pode emitir um fotão virtual em x_6, que se moverá para x_5, com probabilidade $\delta_+(S_{56^2})$, onde o segundo eletrão o absorverá, onde S_{56}representa a distância no espaço tempo em que o fotão viajou. A probabilidade de um eletrão emitir ou absorver um fotão é $e\gamma_\mu$, onde e representa a carga do eletrão, e $\gamma_\mu$um vetor da matriz de Dirac[129] . Após perder energia e *momentum* o eletrão move-se de x_6, para x_4, enquanto o eletrão que absorve o fotão se move de x_5, para x_3 (Kaiser, 2005). Note-se que a equação expressa a carga do eletrão por um fator 2, um para cada vértex. E isto representa apenas o início dos cálculos pois os dois eletrões podem trocar qualquer número de fotões (Figura 24).

Com este exemplo pretendemos ilustrar a eficácia do diagrama para a compreensão do fenómeno descrito. A leitura da equação que se apresenta indecifrável para qualquer não especialista simplifica-se após a observação do diagrama.■[130]

129 Array de números que acompanham o spin do eletrão (Kaiser, 2005)

130 Fim de prova— quod erat demonstrandum.

1.7.3 Representação, manipulação e criação da imagem

Drawing in perspective is a measurement technique.

— Albercht Dürer

No momento contemporâneo verifica-se uma tendência de aproximação[131] entre a arte e a ciência nomeadamente no que diz respeito à representação. Esta aproximação não deve ser ocasional, mas deve questionar quais os ganhos epistemológicos da análise de semelhanças entre produtos artísticos e científicos e também analisar os constrangimentos que possam sobrevir. Metodologicamente esta aproximação pode realizar-se de três modos. O primeiro implica a utilização de obras de arte para ilustrar algumas características de representações científicas. Exemplificamos: uma das abordagens na filosofia da ciência implicam o isomorfismo e similitude como condições necessárias ou suficientes para a representação científica.

A evidencia estabelecida por esta associação é que a semelhança[132] não é necessária na representação. Segundo Sánchez-Dorado (2018), a correção desta análise, centrada na peça, não escusa a análise cuidada dos desenhos preparatórios da obra, as discussões estéticas que a circundaram. Em suma, deve ter-se em consideração o contexto histórico e estético na associação estabelecida. "Selective similarities might not constitute the relation of representation, but they are precisely 'good guides' to successfully access the target of the representation, which is anyway far too complex to be exhausted by similarity conceived as a point-to-point correspondence" (Sánchez-Dorado, 2018).

O segundo modo de introduzir elementos do mundo da arte no debate da representação científica prende-se com a utilização de teorias e conceitos de arte moderna para reivindicar representações na ciência. Central nesta abordagem é a ideia de que, tal como nas obras de arte, as representações científicas são efetivas apesar de se afastarem do que representam. Contudo,

131 De modo particular na filosofia da ciência contemporânea existe uma tendência crescente de referir exemplos e conceitos da arte para explicar ou argumentar sobres questões relacionadas com a representação cientifica(Sánchez-Dorado, 2018)

132 Likeness or selective likeness (Fraassen, 2008)

pelo menos algumas idealizações e abstrações dos modelos científicos não supõem a adição de mais propriedades ou informação para afirmarem a sua veracidade. O julgamento deve ser feito com base na simplicidade e robustez da hipótese e não com base na verdade.

Por fim, no terceiro modo, é central a afirmação que coloca o isomorfismo como condição necessária e suficiente numa representação. "(...) the 'obvious and familiar' idea that a picture represents its subject by means of the properties it shares with it is clearly 'naïve and inadequate' as it stands" (Budd, 1993 as cited in Sánchez-Dorado, 2018). Implicando o ponto de vista do observador, a iluminação, o campo visual, o seu estado mental e visual na experiência de perceção e de isomorfismo. O problema: a internalização ilegítima do conteúdo (Lopes, 1996 as cited in Sánchez-Dorado, 2018) e a consequente falha ao teste da independência.

A abordagem aos constrangimentos que advém da integração da filosofia da ciência e estética não a invalida, mas torna incontornável uma discussão metodológica sistemática e explicita para identificar com precisão qual o papel que os elementos da arte desempenham na discussão dos SM e, se esta combinação é benéfica do ponto de vista epistemológico. A questão fundamental centra-se em como recolher evidencias históricas relativas a uma circunstância particular para justificar afirmações filosóficas com caracter universal e a-histórico. Apesar do objeto de análise —questão da representação— ser comum, na filosofia estética está associada ao modo como percecionamos enquanto filósofos da ciência focam o seu interesse[133] em como representações, independentemente do seu tipo, são utilizadas para apresentar dados, refletir sobre eles e realizar descobertas. No que diz respeito à exigência de semelhança na representação informamos sobre o valor da distorção. A distorção é crucial para o êxito, de uma representação de grandes dimensões: "If they reproduced the true proportions…, the upper parts would appear smaller than they should, and the lower parts would appear larger, because we see the upper parts from farther away…" (Platão, 360 a.c. as cited in Fraassen, 2008). Desta exposição não deve resultar a ideia de que a semelhança é sempre irrelevante e, deve ser cuidadosa a transposição

133 Todos não percetuais (Sánchez-Dorado, 2018)

para o entendimento do que é a representação científica, pois é natural que a semelhança na ciência esteja diretamente correlacionada com o sucesso[134] de uma representação. Embora numa abordagem simplista, a semelhança literal é bidirecional, reflexiva e simétrica, a representação não. Devemos, contudo, enfatizar que alguns modos de representação possuem semelhanças e estas não devem ser arbitrárias, mas seletivas. Ainda assim o que é representado não pode ser deduzido atentando o que é e o que não é semelhante na sua representação.

> What is represented, and how is represented, is not determined by the colors, lines, shapes in representing object alone. Whether or not A represents B, and whether or not it represents the represented item as C, depends largely on, and sometimes only, *on the way in which A is being used* [135] (Fraassen, 2008).

E também, o que é representado, não pode ser deduzido sem consideração da relação com o seu fim.

> If we think of a representation as a relationship, it should be a relationship with more than two components. One component should be the agents, the scientists who do the representing. Because the scientists are *intentional* agents with goals and purposes, I propose explicitly to provide a space for purposes in my understanding of representational practices in science. So we are looking at a relationship …: *S uses X to represent W for purposes P* (Giere, 2006 as cited in Fraassen, 2008).

Em conclusão, sem pretender uma definição, as representações científicas, técnicas ou artísticas são objetos ou eventos na natureza que se assumem também, pela sua função, como objetos culturais relacionados com o seu uso, prática e contexto. Numa perspetiva direta, a representação é imediata e implica posteriormente a imaginação (Todd, 2020). Numa perspetiva indireta, as propriedades vão além das explicitamente identificadas na sua descrição e dão

134 Assumindo que o critério para o sucesso é devidamente definido e este pode requerer o afastamento deliberado da semelhança (Fraassen, 2008).

135 A palavra use nesta afirmação deve abranger fatores contextuais como a intenção do criador, convenções de codificação, o modo como o observador vê a representação, o modo como a representação é mostrada ,... , implicando uma consciência ou atividade cognitiva e de comunicação.

insights, pela sua representação, aplicando princípios geradores[136], sobre a realidade.[137]Para a nossa abordagem apenas nos interessa considerar, a informação[138] que resulta da representação. E, partir desta, a exploração de espaços concetuais e a capacidade de estabelecer novas ligações entre ideias.

1.7.3.1 A Imagem[139], um caso particular

Uma imagem implica semelhança, independentemente do seu valor, e não exige a existência do que se assemelha ou do que representa. Principiamos, pois, com duas advertências: a primeira associada à ordem de semelhança da representação não implicando necessariamente a existência de semelhança, a segunda: as representações podem ser sobre algo que não existe e não tendo assim que necessariamente apontar para a realidade.

No caso particular em que a representação se prende literalmente à semelhança é inevitável o facto de ser necessariamente específica. Porém se acrescentarmos a propriedade: $toda\ a\ representação$ é $seletiva,$ devemos assumir a influência da seletividade nas propriedades visíveis como a linha, a sombra, a cor e a textura.

Naturalmente a seleção de um aspeto, na representação, pode forçar a ausência de outros aspetos. A oclusão valida esta afirmação, pois dá enfase a um objeto, ou propriedade, ocultando outros não visíveis do ponto de observação definido sendo, deste modo, incompatível a simultaneidade com objetos ou valores noutros ângulos. O tamanho da oclusão depende do objeto que fecha um ponto de vista e da distância em relação ao observador. Com o movimento do observador quer a forma quer a dimensão de oclusão variam. Para além da oclusão acrescentámos a textura, cujo reconhecimento diminui com a distância; o ângulo, que apesar de suportar

136 P. ex. principio da realidade— reality principle— em que se assume que os princípios expressos tem analogia no mundo real; ou principio da crença comum—mutual belief— da comunidade cientifica e domínio de investigação, onde a representação tem origem (Todd, 2020).

137 Mantemos a nossa atenção no entendimento e não na verdade ou conhecimento (Todd, 2020).

138 Resultado da identificação, seleção e manipulação de circunstâncias que permitem dar relevo a propriedades, padrões, ligações, disparidades e irregularidades que permitem criar resultados relevantes (vide CRISPR) e irresistível (vd. **Error! Reference source not found.**).

139 Representação com semelhanças visuais e semelhanças de espaço, tempo e movimento designadas de cinemáticas.

múltiplos pontos de vista existe este é limitado e finalmente a distorção nas margens definido pelo alcance de reprodução. Será então um erro se nos concentramos apenas no que está visível numa imagem. O seu conteúdo deve ser visto num horizonte de alternativas derivadas de vários pontos de vista, quer explícitos quer implícitos (Fraassen, 2008).

1.7.3.2 Estudo de casos

new theater of nature, another world

— Constantijn Huygens

Neste subcapítulo pretendemos ilustrar dois momentos, na História, que consideramos chave na interseção entre arte e ciência, pela utilização do léxico comum — a imagem[140].

O primeiro, na segunda metade do séc. XVII, materializa-se na obra *Micrographia* de Hooke, cientista e arquiteto britânico. A relação entre a arte e a ciência é, segundo o nosso olhar, parcial e unidirecional.

Hooke, deslumbrado no seu olhar expandido[141] — pelo microscópio[142] —, tenta capturá-lo no desenho. A representação visual que elabora, de elevada precisão científica, pretende registar a nova informação que explora.

$$ciência \leftarrow imagem$$

No séc. XX Kepes, no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), a trabalhar entre cientistas reconhece a bidirecionalidade na equação:

$$ciência \leftrightarrow imagem$$

A linha temporal que desenhamos ao selecionar estas referências assume importância quando correlacionada com a evolução tecnológica, o seu ritmo, que o senso comum nos informa como sendo linear, e as consequências da realimentação positiva que necessariamente tem

140 Note-se que a imagem resulta de uma intencionalidade e a sua natureza não é saturada ou determinística.

141 Fraassen (2008) defende a metáfora da criação e não da expansão da visão, embora a considere valiosa.

142 O microscópio como ajuda aos sentidos. A deteção pelos instrumentos deve distinguir-se da observação. Observação é perceção. O microscópio assume , nesta experiencia, um papel representativo os instrumentos poderão asssumir outro papel —engines of creation— pois criam fenómenos observáveis (Fraassen, 2008).

existência na relação ciência arte. Kurzweil, o génio inquieto, enuncia a lei do retorno acelerado que contraria a perceção linear do desenvolvimento tecnológico. O rácio exponencial de crescimento, do desenvolvimento tecnológico, é ele próprio, exponencial até à sua extinção e consequente mudança de tecnologia. A velocidade estonteante da mudança destes paradigmas dará origem a uma singularidade em que a história da humanidade sofrerá uma rutura (Kurzweil, 2006).

Pensar o impacto cultural que representa esta rutura ou a ideia da sua proximidade, a causalidade no futuro, no nosso processo criativo, na arte é uma consideração sempre subjacente à intenção que nos move.

1.7.3.2.1 Robert Hooke

Micrographia: or, some Physiological Descriptions of Minute Bodies made by Magnifying Glasses, with Observations and Inquiries thereupon, de Robert Hooke, publicada em 1665, com a chancela *The Royal Society of London* é uma obra com distinto valor científico na história da microscopia e na história das relações e influência da rede científica no séc. XVII. A inspiração que esta obra manifesta legitima-se na precisão científica que se harmoniza com a competência artística[143]. Esta obra destaca-se ainda na estrutura, não se organiza em capítulos como as obras científicas que se antecederam, mas em observações, indicando inclusive a metodologia, a escala de amplificação, o espécime utilizado e a posição de observação, e ilustrações desenhando os princípios da ciência experimental. Concentra ainda o princípio de universalidade por não ser uma obra escrita em latim, mas em inglês.

Hooke contempla uma realidade que se expandiu (Figura 25).

[143] Hooke adquiriu competências artísticas com Sir. Peter Lely, o artista mais proeminente da época e pintor da corte.

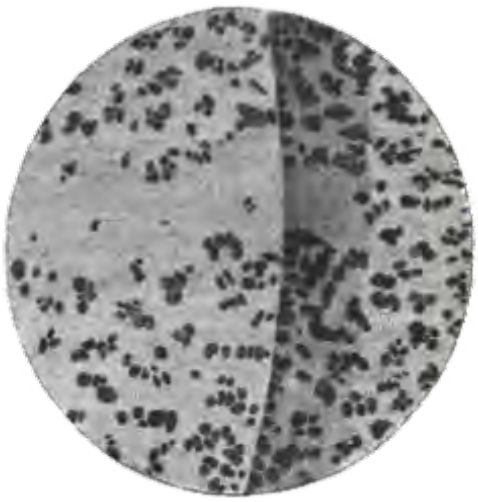


Figura 25— *Observação microscópica carvão, Robert Hooke © The Royal Society*

Nesta obra opera duas alterações de escala, a primeira com o microscópio que lhe permite ver o que não lhe era permitido a olho nu, "The images produced by lenses are copies, literal likenesses[mimesis] (...)" (Fraassen, 2008). A segunda alteração acontece nas ilustrações que amplia para o dobro do tamanho do livro. A narrativa, que constrói pela seleção de objetos para observação, organiza-se em objetos construídos pelo Homem depois, a Natureza em escala microscópica e, por fim, a superfície da Lua em escala macroscópica.

> I have often with great pleasure observ´d such na infinite variety of curiously figur'd snow, that it would be as impossible to draw the figure and the shape of every one of them, as to imitate exactly the curious and geometrical mechanisms of Nature in anyone (Hooke, 1665, p.91).

Hooke prefacia a sua obra assumindo um padrão cultural em que as perceções Humanas se sobrepõem em importância à de todos os seres vivos. O privilégio de intelectualização do olhar pela observação, comparação e capacidade de modificação da Natureza é exclusivamente humano.

A matriz mental da ambição que Hooke encarna desconstruiu-se a recriou-se necessariamente a cada invenção científica. A epitomização de uma visão idealizada do ascendente do Homem sobre a Natureza encerra também o dever de reparação que a Humanidade deve empreender, para corrigir as imperfeições da sua criação, inspirando-se nos mecanismos, princípios e beleza da Natureza.

> It is the great prerogative of Mankind above other Creatures, that we are not only able to behold the works of Nature, ..., but we have also the power to considering, comparing, altering, ..., and improving them to various uses (Hooke, 1665).

1.7.3.2.2 György Kepes

Em 1951 o pensamento de György Kepes, pintor e fotógrafo de excecional sensibilidade (Moholy-Nagy, 1959) e de Conrad Hal Waddington, embriologista, encontram, numa nova paisagem, um lugar-comum.



Figura 26— *Branches © estate of György Kepes (Imre Kepes and Juliet Kepes Stone)*

Nativo da Hungria Kepes, em 1946, foi o primeiro artista a circular nos corredores do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Para Kepes, a matriz da nova paisagem estrutura-se nos avanços da ciência e da tecnologia ao permitir novas escalas de visualização e consequentemente de expressão artística (Figura 26). A estética da célula, a estética da molécula, as estéticas do cosmos representam novas arquiteturas para o olhar científico. Se considerarmos

o axioma "*A cultura altera-se impulsionada pelo desenvolvimento da ciência*", validamos a materialização de uma nova visão do mundo na exposição organizada por Kepes, em 1951, na *Hayden Gallery*, no MIT. A coleção incluía fotografias de escalas micro e macro, lado a lado a representação de células nervosas e da superfície lunar, numa riqueza de padrões e formas, um registo pictórico, da paisagem científica, interpretado segundo critérios estéticos. A possibilidade de desenhar com luz, permitiu a Kepes transpor a grafite de Hooke. Kepes integrou na Arte idiomas visuais provenientes de várias disciplinas.

Waddington, encontra esta paisagem epigenética na representação visual que comissionou a John Piper onde pretendia explicar o processo criativo do movimento que sustenta a determinação e expressão genética.

A abstração das imagens científicas, que capturam um instante do movimento no complexo processo da vida, transpostas para o espaço artístico, revelam um intrínseco valor estético. A paisagem visual expande-se. A informação científica reformula-se em arte abstrata (Terranova, 2017), numa nova interpretação estética e filosófica (Moholy-Nagy, 2015). Neste instante histórico, as imagens abstratas assumem existência representativa e metafórica entre arte e ciência.

1.7.4 Concriação

> Os sistemas vivos e a intervenção humana ocupam o mesmo espaço de ação.
>
> **— Neri Oxman**

Implicar a arte e ciência numa matriz de investigação interdisciplinar implica o desenho de um processo em que artistas e cientistas trabalham, num contexto organizacional, num projeto ou questão de investigação com o objetivo de produção de um resultado expresso num objeto artístico ou na exploração de uma ideia científica. A abordagem da arte capaz de evocar ou representar a experiência humana num contexto integrador e a abordagem da ciência que se

estrutura no método científico rigoroso complementam-se (Schunugg, 2019). Para além da complementaridade de processos é necessário considerar pontos de contacto fundamentais nesta integração.

A formulação do ato de pensar, as ideias e os argumentos traçados, por artistas e por cientistas, dimanam do entrelaçamento de cada uma destas ferramentas, a cada instante. A sua ação conjunta projeta, na nossa tese, infinitas possibilidades.

A intuição ocorre no instante em que se verifica uma reinterpretação de um estímulo, uma situação ou evento de tal modo que se produz uma interpretação não óbvia e não dominante. Difere das soluções resultantes de um processo analítico pois a sua natureza manifesta uma resposta emocional e de surpresa face ao conteúdo descoberto e, contém, embora não como pré-requisito a desconstrução de um impasse produzido na assunção de métodos ou associação incorretas ao problema. A consciencialização desta alteração na representação da realidade e do conhecimento acontece após um período substancial de processamento inconsciente (Kounios & Beeman, 2014).

A análise de padrões da atividade neuronal, associados à resolução de problemas intuitiva e à resolução analítica de problemas identificam maior contribuição do hemisfério direito no insight (Kounios & Beeman, 2014). A preparação em distâncias temporais psicológicas diferentes — futuro próximo e futuro distante —, propõem respostas diferentes. Construções *high-level* condicionadas pelo desenho temporal distante são representações mais gerais, abstratas e descontextualizadas; por outro lado se a condicionante subliminar temporal evocar proximidade as construções apresentam-se mais concretas e contextuais, construções *low-level* (Förster et al., 2004). Inferimos a importância da perspetiva temporal nas construções intuitivas. Antes mesmo da abordagem à resolução de problemas a atividade neuronal predispõem a solução por *insight* ou por análise. A tendência de resolução de problemas de modo intuitivo está associada, no estado de repouso a uma maior atenção exterior, e no estado preparatório e de resolução a uma tendência de foco interior. Por contraste, indivíduos mais analíticos, em repouso focam-se menos

exteriormente e também menos interiormente nas fases preparatória e de resolução de problemas (Kounios & Beeman, 2014).

Novas ferramentas biotecnológicas tornaram possível a alteração de ADN de organismos vivos com relativa precisão e facilidade. Todavia as implicações éticas na investigação científica exige-nos uma reflexão quando aplicadas à produção artística. O propósito artístico que se coloque além do traçado ético desenhado para esforço científico incita uma reflexão partilhada das possibilidades do conhecimento. A esta reflexão não se pode exigir resolução. Mas deve ser seu propósito expor contradições, ausência de conhecimento, colocar questões, e pensar cenários (Schunugg, 2019).

A projeção de cenários colaborativos de excelência na dinâmica arte — ciência pressupõe a ausência de objetivos pré-definidos. A agenda do artista, cientista e organização devem diluir-se num espaço exploratório que designamos de liminar[144]. Este não deverá observar, num cenário otimizado, cultura, comportamentos, processos de pensamento, hierarquia, estatuto social, ou qualquer tipo de restrição. A liberdade criativa deve ser intrínseca a este espaço, pois só assim se pode ansiar a exploração e criação de mudanças significantes — um espaço entre tempos. Devemos assinalar que, na afirmação anterior, a criação de mudanças significantes não deve ser lida como uma variável de poder neste espaço, mas sim, a acontecer, como subproduto.

Neste campo de ação as relações que se estabelecem em rede difundem-se aproximando conhecimentos pela interação entre os seus titulares. Os conhecimentos que estruturam o entendimento prévio de cada um dos intervenientes são avaliadas considerando as múltiplas perspetivas em interação. Esta ação culmina na necessidade de construção, atribuição e partilha de um sentido como resultado das experiências comuns (Weick, 1995).

No nosso estudo, a atribuição de sentido e a sua análise crítica é determinante pois resulta intencionalmente da relação arte — ciência, em que as relações de poder estabelecidas assumem importância. O esforço de atribuir sentido não goza de imunidade ao desafio do poder, isto é a

144 Van Gennp define o conceito de liminar como a presença simultânea do familiar e do desconhecido, com total liberdade das convenções e regulamentos.

influência de um ator (ou atores) para obtenção de um determinado resultado que não ocorreria de outro modo. Em estruturas organizacionais, o poder pode assumir a forma sistémica ou episódica. A forma de poder episódica captura esforços deliberados para influenciar e coagir; na forma sistémica poder reflete como as estruturas típicas de conhecimento, ou intelectuais, não são questionadas (Schildt et al., 2020).

Acresce à dinâmica nas relações de poder a importância de atentar ao impacto, que resulta da exposição a diferentes entendimentos, na identidade e coerência interna dos seus atores e à necessidade de restaurar essa identidade. A identidade do cientista desenvolve-se na dinâmica de perceção, de pensamento, de métodos e perspetivas do seu grupo de investigação; de modo similar a identidade do artista baseia-se no modo como percecionam o mundo e como o validam na rede de artistas que admiram e na cultura que os envolve ou que procuram. A identidade de cada um plasma-se nas suas produções. O desafio para uma colaboração proveitosa é a expressão incondicional da identidade de cada ator na experiência de concriação arte—ciência.

Neste complexo sistema equacionamos uma experiência estética partilhada. Esta experiência desdobra-se necessariamente num binómio desfasado no tempo. O primeiro designa-se apreciação estética *sensu,* relacionada com a perceção visual e a ideia de beleza. Segue-se a apreciação estética *sensu lato*, que se retém nos detalhes e demora-se no interesse que provoca (Boccia et al., 2015). A experiência estética humana sublima-se quando diversifica entre o modo de ver científico e a sua perspetiva da realidade e, o modo de ver artístico e a sua perspetiva da realidade. Artistas e cientistas de áreas de investigação diferentes têm propensão em observar, em reconhecer padrões e valorar de acordo com as representações materiais dos seus interesses e área de trabalho. As mentes impõem-se aos sentidos. O refinamento da capacidade de apreciar materializada numa ligação Humano-Humano com a natureza representa um melhoramento na capacidade visual de pensar (Schunugg, 2019), na capacidade auditiva de pensar resumindo na capacidade de pensar com os sentidos.

A definição de Gottlieb Baungarten de estética como ciência da cognição sensível, permite adicionar infinitos estados entre a verdade e a não verdade estabelecidos pelo pensamento dominante nas das áreas de investigação quando consideradas como unidade. Estas novas camadas de informação e de conhecimento podem resultar em algo extraordinário—inovadoras formas de expressão.

1.7.4.1 Estudo de caso: The Romantic Disease —Anna Dumitriu

> How pale I look! – I should like, I think, to die of a consumption … how interesting he looks in dying!
>
> **— Lord Byron**

O contexto do cientista é excitado pelo contexto do artista, num processo dinâmico que coincide com a definição de um novo estado basal de produção de ciência. A recíproca é também verdadeira, o conhecimento que o artista adquire imprime-se nas obras que produz, pela impressão que causa no seu pensamento. Rob Neely, investigador na Universidade de Birmingham, sobre a sua colaboração com a artista Anna Dumitriu afirma que mudou a forma como pensa o seu trabalho, de tal forma que recomenda esta prática aos seus pares (Schunugg, 2019).

A jusante do contexto, a capacidade artística em desenhar novos mundos, promove a discussão de possibilidades que permitem a reflexão das oportunidades que a tecnologia e a ciência estendem. As narrativas desses mundos evocam emoções, envolvem as pessoas e é um meio favorável à intuição. A criação de histórias utópicas ou distópicas permitem um entendimento das premissas que aplicadas em determinados contextos se podem tornar bons ou maus, assumindo uma perspetiva civilizacional.

Anna Dumitriu, artista sediada no Reino Unido, investiga as implicações éticas de artistas a trabalhar em ambiente laboratorial. Em The *Romantic Disease: An Artistic Investigation of Tuberculosis* (2014), examina a relação da humanidade com a tuberculose, altamente infeciosa e considerada uma das doenças mais antigas no mundo.

O desenvolvimento de tecnologias moleculares permitiram localizar a Tuberculose (TB), causada pelo bacilo *Micobacterium tuberculosis* na África Oriental há 3 milhões de anos atrás. A resposta da sociedade ao lidar com a TB, uma doença endémica com expressão mundial, é uma perspetiva importante e que não deve ser considerada isolada dos sintomas, do desenvolvimento de antibióticos e vacinas. A exposição incluía uma escultura que exigiu o desenvolvimento de um protocolo, desenvolvido pelo cientista biomédico Kevin Cole e o microbiologista Dr. John Paul,



Figura 27— *"Where There's Dust There's Danger" © Anna Dumitriu*

que permitisse a exposição fora do contexto de um laboratório de biossegurança nível 3. A utilização artística deste material explorava a relação entre a garantia de segurança, garantida pela ciência, e a possível perceção psicológica de que a doença estaria impregnada na instalação (Figura 27) (Dumitriu, 2017).

1.7.4.2 Estudo de caso: OBJECTIVITY — Nurit Bar-Shai

Objectivity é uma exploração artística[145] com inspiração na investigação *Social behavior of bacteria: from physics to complex organization*, de Ben-Jacob que descreve os mecanismos de comunicação[146] das bactérias que implicam diretamente a organização da colónia que resultam em complexos padrões. As bactérias não armazenam geneticamente toda a informação necessária na produção de padrões para todos os ambientes possíveis, "bacteria must be able to sense the environment and perform internal information processing for thriving on latent information embedded in the complexity of their environment" (Ben-Jacob, 2008). A dependência do meio e da sua dinâmica espaciotemporal implicam a mobilização das competências celulares das bactérias de armazenamento de informação, avaliação e tomada de decisões. A resposta adaptativa ao *stress* ambiental[147] a que a colónia é sujeita dá origem à colaboração e desencadeamento de comportamentos que resultam em padrões organizacionais não arbitrários (Figura 28).

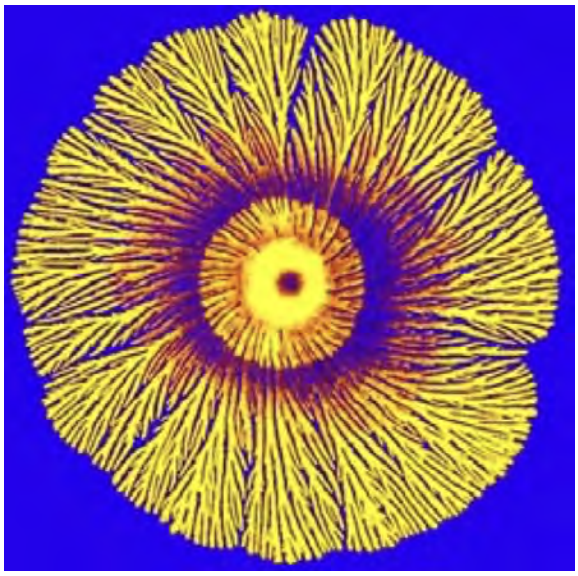


Figura 28 — *Padrão típico formado pela bactéria Paenibacillus dendritiformis num substrado duro e sem alimento © Ben-Jacob*

145 Na interseção arte, ciência e tecnologia (Meyer, 2012)

146 Quórum sensing, chemotactic signaling e troca de informação genética (plasmídeos) (Ben-Jacob, 2008)

147 Condições de crescimento adversas equivalentes às encontradas na natureza (Ben-Jacob, 2008)

Os padrões que resultam da quimiotaxia, como resposta à presença de agentes químicos com concentrações de densidade variável, tem na sua origem movimentos de atração no sentido de concentrações mais elevadas ou, movimento de repulsão no mesmo sentido permitindo um padrão "sculpted into a variety of forms by the combined action of a variety of chemotactic strategies" (Bem-Jacob, 2008). A produção de padrões pela bactéria *P. vortex*[148], tem subjacente a ideia de organização hierárquica que indicam a possibilidade de graus de liberdade genética e, portanto, dinâmica na expressão dos genes. As observações de Ben-Jacob sugerem que células em locais diferentes dão origem a diferenciação epigenética e diferenciação por herança.

A obra *Objectivity* (Figura 29) e (Figura 30), explora sistemas biológicos com a bactéria *P. vortex* e analisa os resultados das estruturas arquitetónicas das colónias pela alteração das condições iniciais[149] (Myers, 2014) da experiência na origem da motilidade das bactérias (Bar-Shai, 2012).

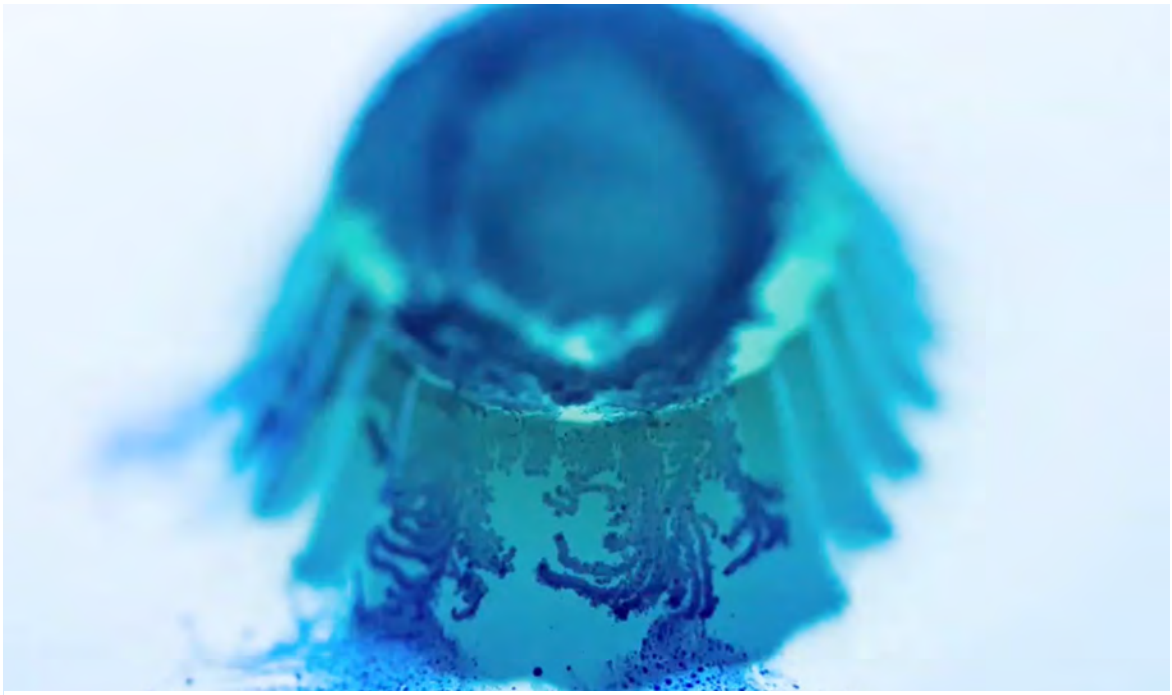


Figura 29— *Objectivity— Bacteria growth on 3d planes © Nurit Ba-Shai*

148 Paenibacillus vortex.

149 Dispersão de nutrientes (Myers, 2014)



Figura 30 — *Comportamento social da bactéria Paenibacillus vortex © Nurit Bar-Shai*

1.7.4.3 Estudo de caso: The Garden of Earthly Delights — Anna Rierola[150]

> We are networks of networks. We are made and are part of a network of interconnected and interdependent systems.
>
> **— Anna Rierola**

O Institute for Research in Biomedicine (IRB), em Barcelona, promove anualmente um programa de residência artística com o objetivo de desenvolver relações entre artistas que manifestam interesse em ciência e a comunidade científica e *stakeholders* do instituto.

> Artists and researchers investigate the nature of our presence in the world, push boundaries in knowledge and technology, and venture into the unexplored. The questions our researchers study naturally provide inspiration for artistic inquiry, which in turn can offer a fresh perspective of the scientific endeavour (Institute for Research in Biomedicine [IRB], 2021, para. 1).

Anna Rierola solicitou o acesso a imagens de microscopia produzidas no contexto de investigação científica para desenvolver um projeto artístico (Ruffell, 2021). Contudo a ambição de Rierola, incitada pela curiosidade, incluía também a compreensão das imagens. O seu desejo de entender implicou uma relação mais próxima com investigadores e uma sucessão de encontros originou um processo de compreensão que culminou na afirmação: "I understood that the essence of life is integration". O ponto original da sua obra: "(...) the origins of life and development.", elevou-se até ao instante em que: "I found myself entangled in this garden!", uma interação sinfónica entre genes, moléculas, células, órgãos, corpo e ambiente, segundo um processo criativo dinâmico não linear (Ruffell, 2021) e que justifica o nome da sua obra (Figura 31), *The Garden of Earthly Delights,* tal como Hieronymus Bosch no séc. XVI. Rierola estabelece, na medida em que definimos como habitamos o mundo, um paralelismo com a ideia original de Bosch.

---

150 Visual Artist focused on Scientific Images.(Rierola, n.d.) http://www.annarierola.com/about/

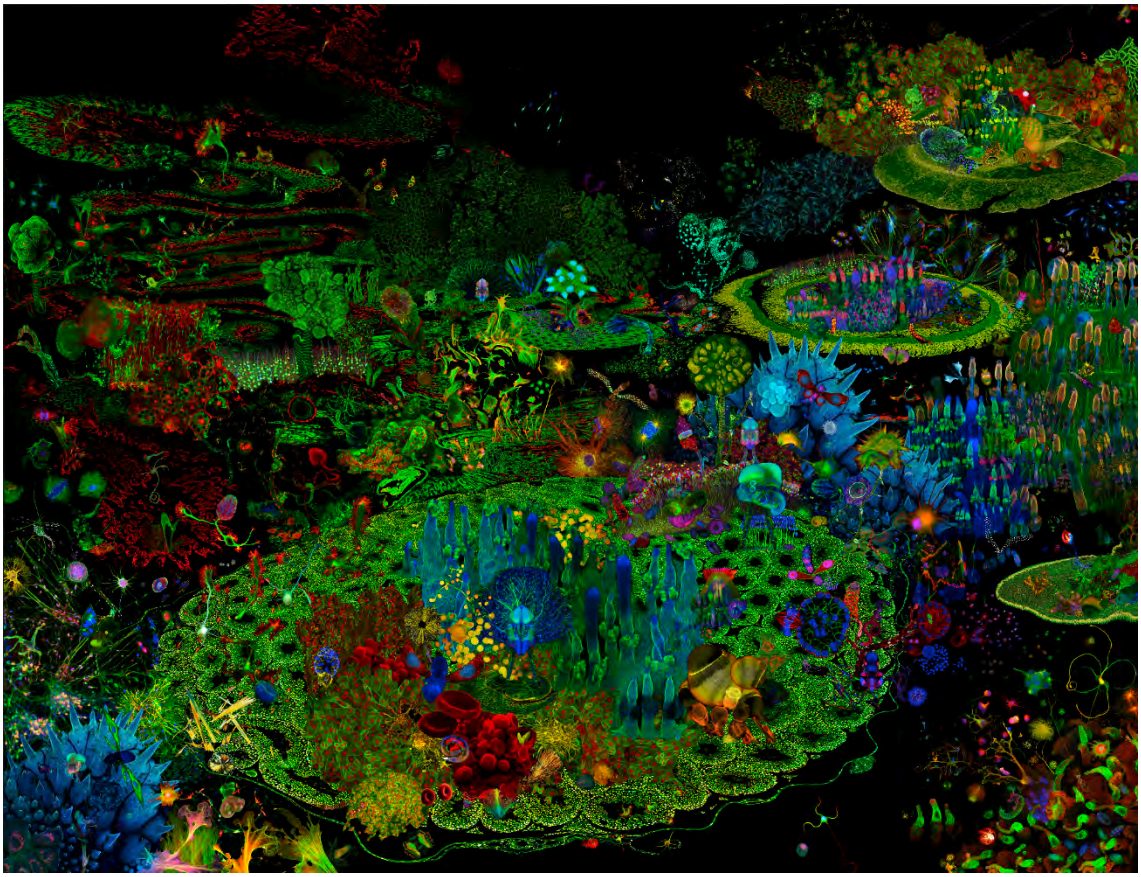


Figura 31—*The Garden of Earthly Delights, Anna Rierola © Anna Rierola*

The Garden is presented as a super-organism, where there is freedom of action, continuous interaction between the elements that form it, together with cohabitation and mutual dependence on the different species. All living organisims are constantly interwined between eachother still depending on the system as a whole (Rierola, n.d).

A narrativa não linear proposta por Rierola assume novas dimensões quando o observador é exposto ao significado científico das partes que constituem a obra. Nesta investigação incluímos apenas duas das inúmeras referências que nos são propostas: a molécula *p53* (Figura 32) protege o nosso organismo do cancro, por ativação da apoptose[151], impedindo o crescimento celular desregulado que interrompe a replicação fidedigna do ADN e a replicação celular.

[151] Senescência celular.

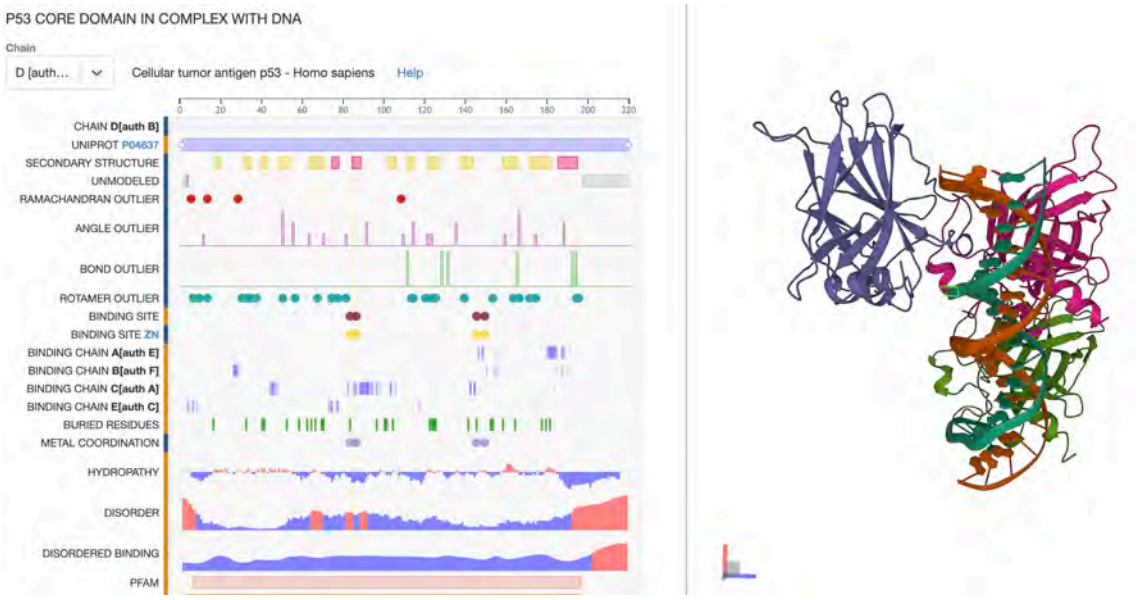


Figura 32—*3D Structure p53 © Protein Data Bank*

Os cientistas Federica Nicolini e Ernest Giralt, são os autores da imagem que Rierola integrou na sua obra e que ilustra a estrutura 3D de um fragmento da proteína (Figura 33). Imagem científica criada pelo investigador Panagiotis Giannios, que ilustra as membranas e os núcleos celulares do sistema respiratório da *Drosophila melanogaster*, mosca da fruta, também foram utilizadas na obra (Figura 33).

Rierola, tal como Bosch, pretende criar um tríptico. O painel interior esquerdo do tríptico de Hieronimus Bosch, *Paradise* é na obra de Anna Rierola *The Breath of Life* (Figura 34), uma instalação de vídeo generativo, com recurso a imagens de células obtidas por microscopia confocal, e que representa a propriedade criativa da vida: Life is autopoietic (…) it has the property of making itself by performing dynamics of self-production and self-maintenance (Rierola,). O painel central do tríptico, de Bosch, *Garden* é no universo criativo de Rierola, *The Garden of Earthly Delights*. O painel *The Apocalypse,* de Hieronymus Bosch será uma composição de imagens, obtidas por microscopia, relacionadas com estados de doença (Ruffell, 2021).

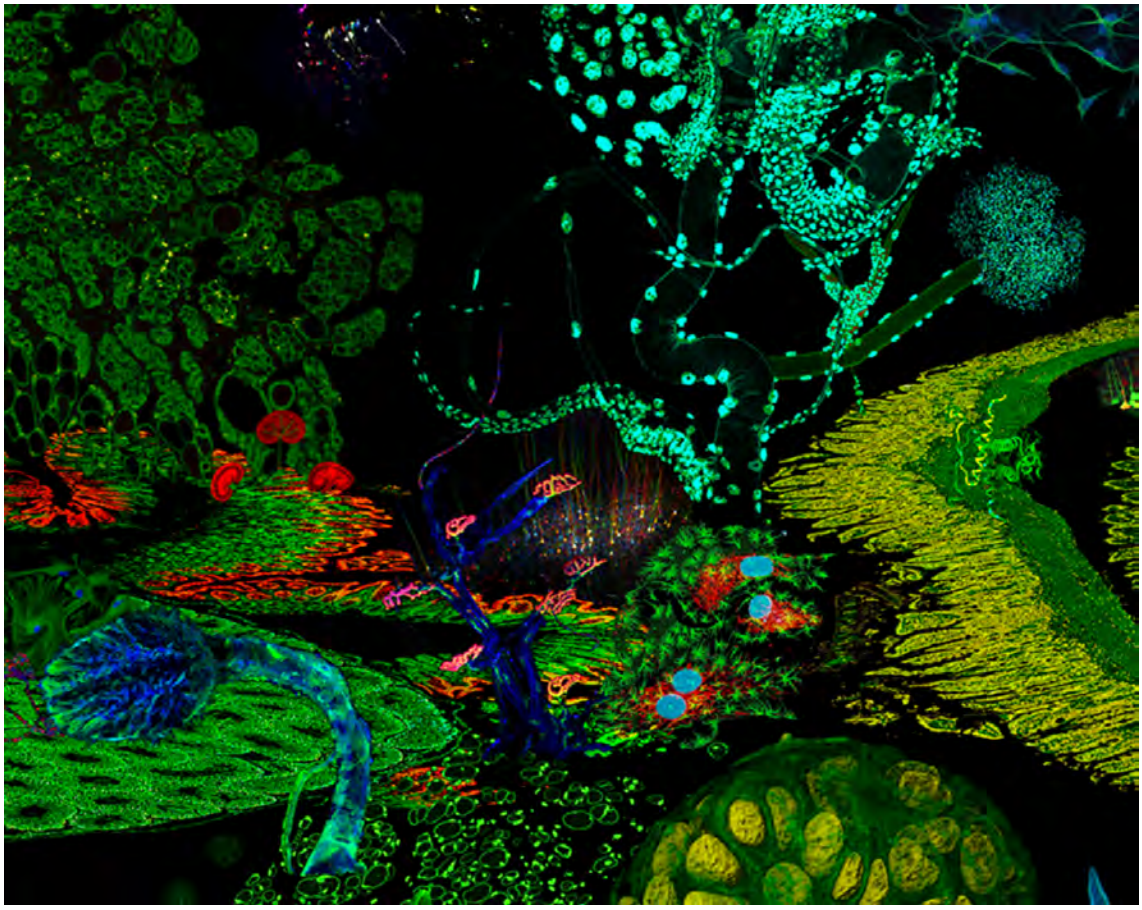


Figura 33— *Detalhe proteína p53 e do Sistema Respiratório da Drosophila melanogaster, The Garden of Earthly Delights, Anna Rierola © Anna Rierola*

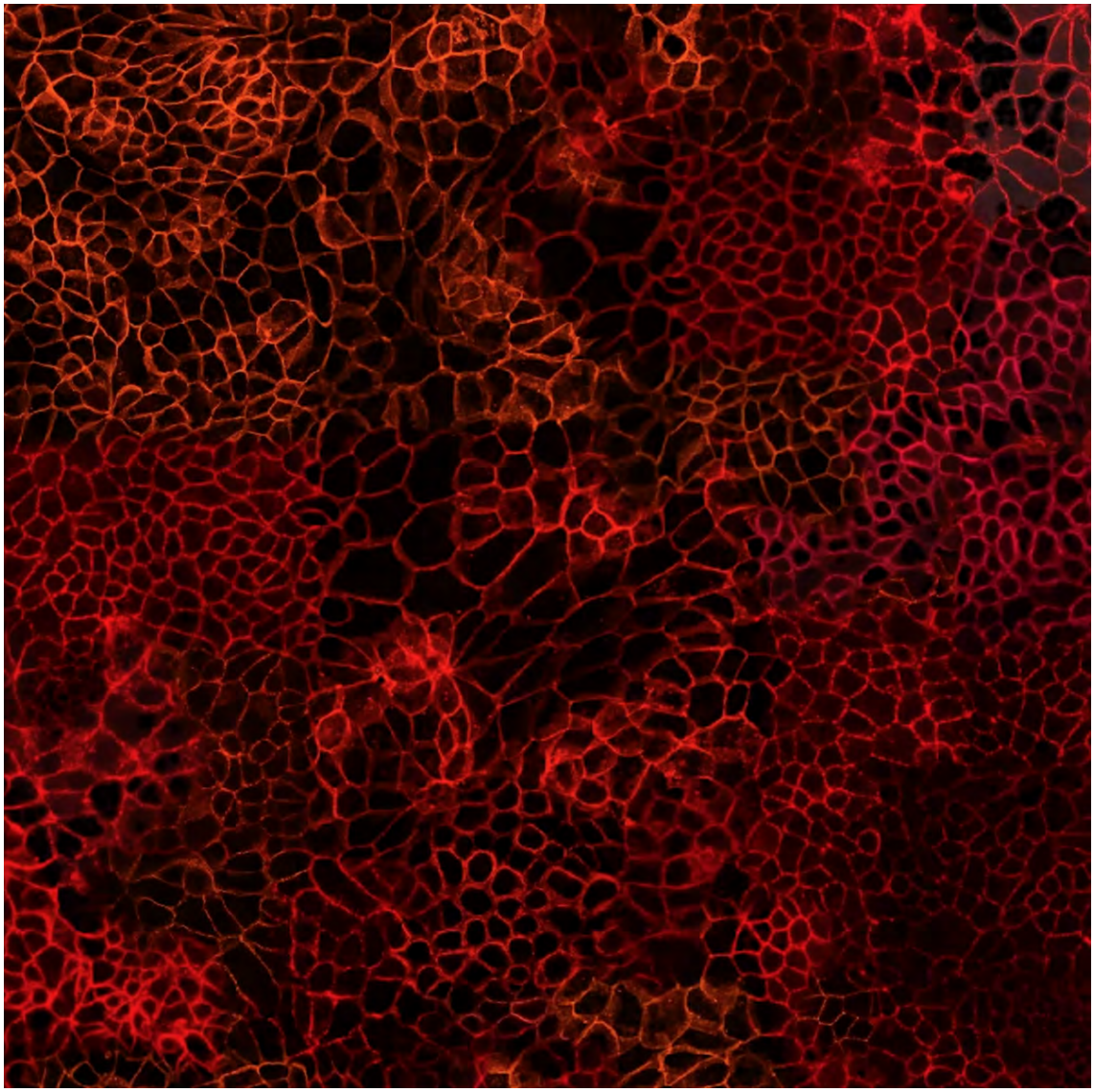


Figura 34— *The Breath of Life, Anna Rierola © Anna Rierola*

1.7.5 Concriação no i3S

O *Hybrid Lab Network* (HYBRID) é um projeto com foco em construir, com dimensão internacional, através da partilha de conhecimento, redes de comunicação entre a arte, ciência, tecnologia, engenharia e humanidades. O consórcio é constituído pelo Instituto de Investigação e Inovação em Saúde[152] (i3S), sediado no Porto; pela Waag , localizada nos Países Baixos pioneira nas áreas tecnológicas e media digitais e promotora da investigação e experimentação artística; *Aalto University School of Arts, Design and Architecture* na Finlândia que assume na sua identidade o compromisso de construir um futuro de inovação e finalmente, na Eslovénia a *Alma Mater Europaea*, que desenvolve a sua ação na área das humanidades.

A *Learning Teaching Training Activity*, no qual participamos, interessa-nos olhar para a atividade que assumia como ponto de partida a obra artística *Return to Dilmun's fragments* (Figura 35) concebido por Günter Seyfried, Roland van Dierendonck, Hansjörg Petschko e Federico Muffatto e que pretendia explorar o processo criativo que originou a obra tendo como referencial científico a tecnologia CRISPR-Cas9 (vd. CRISPR).

A génese desta obra encerra a problemática da representação simbólica quer na arte quer na ciência, facto que a faz assumir particular importância para a nossa investigação, na medida em que entendemos existir, na produção artística contemporânea, uma aproximação entre arte e ciência, mas que esta é ainda de natureza tangencial.

152 A investigação no i3S foca-se em três áreas principais: cancro; interação e resposta do hoste e neurobiologia e doenças neurológicas.



Figura 35— *Return to Dilmun, Günter Seyfried, Roland van Dierendonck, Hansjörg Petschko e Federico Muffatto,*

O ponto de partida para *Return to Dilmun's fragments*, um pictograma de uma representação simbólica posteriormente traduzida para a forma de uma molécula de ADN que após ser modificada ao nível molecular é retraduzida para uma imagem. A informação contida na imagem é armazenada em ADN sintético que foi editado utilizando a tecnologia CRISPR-Cas9. Os processos experimentais desenhados consistiam na manipulação in vitro (Figura 36), um com o objetivo de editar on-target a molécula com um sgRNA de 20 nucleótidos, o outro com o objetivo de edição off-target. O template inicial consistia numa cabeça de touro sem olhos, a edição utilizando a tecnología CRISPR-Cas9 e fusion pcr[153] projetou a inserção de olhos na cabeça.

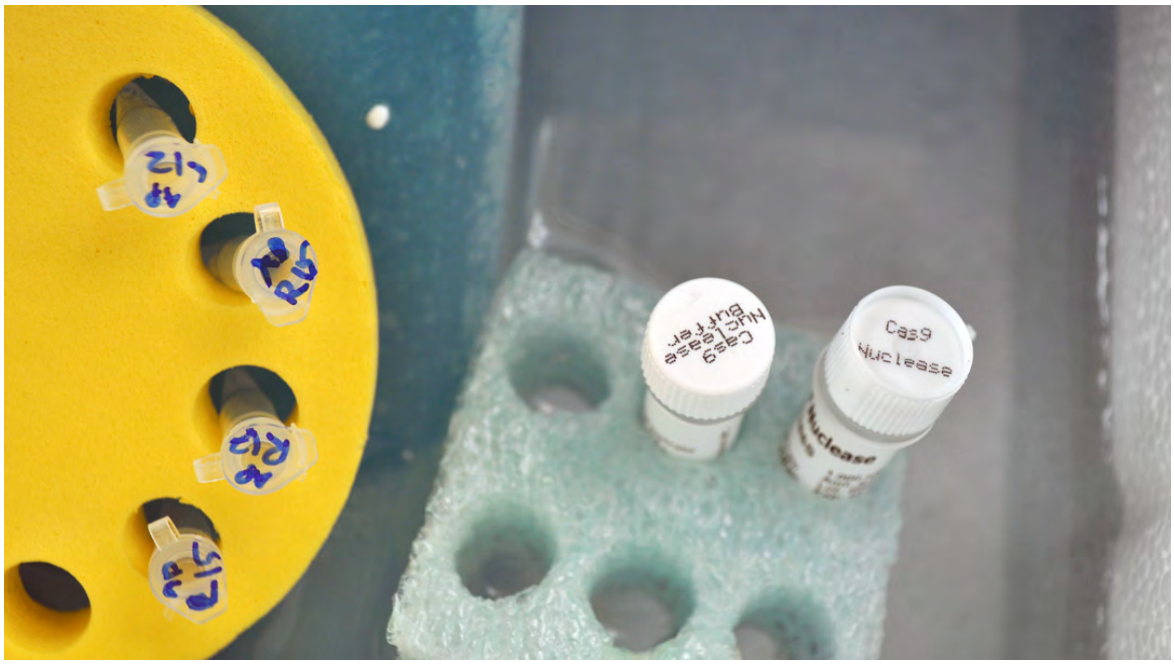


Figura 36— *Return to Dilmun — SgRNAs, Cas9 nuclease*

A proposta conceptual tem as coordenadas de um local real e mitológico da civilização Suméria, Dilmun com uma biodiversidade exuberante transporta-nos para a ideia de uma existência num ambiente perfeito, de onde brotam épicas narrativas que louvam seres híbridos parte humanos e parte deuses, grandes construtores e guerreiros e conhecedores de todas as coisas

153 Polymerase Chain Reaction

da terra e do mar. A tecnologia CRISPR nesta narrativa permite a criação científica e, portanto, representa a possibilidade de nos tornarmos humanos perfeitos que se movem em ambientes perfeitos.

Do ponto de vista científico a ideia do ADN como código levanta questões associadas à sua representação, mas também ao entendimento do que é a vida.

1.7.6 Discussão

A leitura deste capítulo permite-nos, para além de perspetivar diversamente o que é ser humano, olhar as bactérias de um modo diverso. Admitimos que a ideia de sofisticação que lhes atribuímos no passado era primária e superficial. Se considerarmos a habilidade que possuem para comunicar, tomar decisões e, organizarem-se em colónias dinâmicas e complexas, que respondem a condições ambientais, alteramos naturalmente o modo como coexistimos.

O que aprendemos com as bactérias? A resposta ao ambiente exige-lhes criatividade? Como esta realidade muda quem somos?

Quando os artistas se encontram com a ciência desponta a ideia de que a tecnologia não é só sobre resolver problemas, mas também para criar experiências estéticas. Essas experiências não constituem um fim em si mesmas, porque na sua conceção fluem várias linguagens e a sua externalidade não é apenas um símbolo, pois é a ponte entre um ser e outro.

Identificamos pontos estruturais comuns aos casos analisados e que, pela sua frequência e relevância se transformaram em variáveis de estudo que consideramos no desenho metodológico que projetamos. A investigação especulativa, sem qualquer restrição, é ainda pouco significativa. Este capítulo torna clara a importância da investigação dos mecanismos envolvidos na concriação e que podem representar saltos na inovação.

1.8 Coedição com a Natureza

> New and improved varieties will inevitably supplant and exterminate the older, less improved and intermediate varieties...
>
> **— Charles Darwin**

Os sistemas biológicos naturais recriam-se, pela reprodução e evolução, de aproximadamente 10^{35} bp de ADN natural a cada instante. *Earth is dacing with life* (Endy, 2014).

A história da nossa espécie pode contar-se na sucessão de pequenos erros e outras alterações que surgiram incessantemente no processo de reprodução. Mil milhões de anos depois estas variações deram origem à atual versão da nossa espécie, o Homo sapiens sapiens. E, esta versão, representa apenas um instante nesta animação. Contudo, a partir deste ponto, as mutações a que estamos sujeitos podem ser concebidas.

A natureza humana está escrita no nosso genoma. A narrativa genética regula os processos neurológicos e consubstancia-se no nosso comportamento social e político. Contudo a relação um genótipo para um fenótipo não existe, tratando-se sim de uma relação em rede e com a participação de vários genes na codificação de uma característica. Mas quantos genes temos? Sabemos que apenas 1 a 2 % dos nossos genes codificam o ADN[154], os restantes, *junk DNA*, representam o desconhecido para a ciência. Mesmo as características que tem forte associação à genética a sua manifestação fenotípica não é predizível de modo suficientemente preciso com o conhecimento, tecnologia e os dados de que dispomos atualmente. Esta afirmação é verdadeira quer no contexto das doenças quer no de características, não associadas a doença, como coeficiente de inteligência (QI), apetência extraordinária para a música, altura, peso entre inúmeras outras (Greely, 2016).

A caracterização do mundo desta narrativa exige ainda que se considere o facto de a probabilidade de as anomalias estarem codificadas no sistema das proteínas é significativamente

154 Ácido DesoxirriboNucleico

inferior a serem codificadas nos sistemas de regulação. Esta afirmação implica que o estado de doença existe em relação a um estado estabelecido como norma, concluindo-se, nestas circunstâncias, que um estado só pode ser considerado patológico na espécie em que se referencia. Importa considerar que este estado, definido como norma, altera-se na relação bidirecional que se estabelece entre a espécie e o seu ambiente. Esta complexa dinâmica evolutiva projeta o futuro da natureza humana.

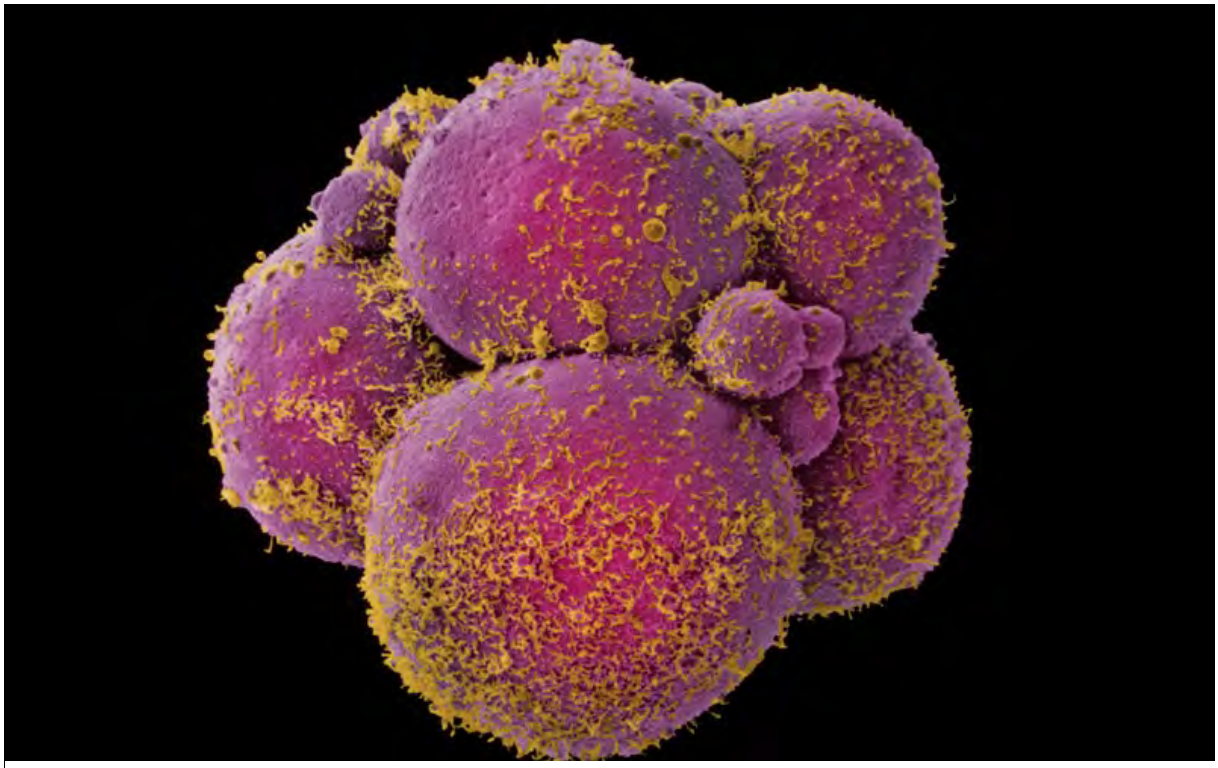


Figura 37 —*Human Embryo ©Yorgos Nikas/SPL*

Quando somos novos e saudáveis as nossas células dividem-se são substituídas com regularidade (Figura 37). A fidelidade da divisão celular não sendo ótima implica, a cada divisão, a perda de características das células estaminais logo, a imortalidade[155]. O número possível de divisões celulares depende do comprimento dos telómeros, que decrescem a cada divisão celular até atingirem o limite de *Hayflick*[156] (Groten et al., 2018). Com o passar do tempo e com o aumento

155 Células estaminais podem ser mantidas vivas in vitro, muito para além do limite de Hayflick, formando linhas contínuas de células (Greely, 2016).

156 Em simulação o limite de Hayflick em células normais é 72. A cada célula resultante da divisão é atribuído o limite de Hayflick da célula que lhe precedeu menos 1. A célula morre quando atinge o limite 0 ou menos.

dos níveis de stress algumas destas células deixam de se dividir tornando-se senescentes. Estas ajudam a reprimir o crescimento de células cancerígenas, contudo, se o seu número aumenta para além do limiar de equilíbrio entre os benefícios e os danos que causam, estamos condenados ao envelhecimento e à doença.

A natureza humana tende, contudo, a contrariar este prognóstico. A utilização de *human Embryonic Stem Cells* (hESCs) para produção de células especializadas para transplante em pacientes com o objetivo de substituir células danificadas ou destruídas ou para criação e substituição de órgãos apresenta-se como uma possibilidade de investigação clínica e representa esse esforço apesar da complexidade que lhes está associada. Amplamente discutidos, estes cenários, incluem a possibilidade de produção de células beta, para o pâncreas, com o objetivo de tratar diabetes do tipo I, a criação de cardiomiócitos para reparar danos no tecido cardíaco, ou produção de neurónios para tratamento da doença de Parkinson ou de Alzheimer (Greely, 2016). As translações das descobertas científicas em terapias de substituição celular, em humanos, exigem a sofisticação de métodos para garantir a estabilidade genética, mas estão já no nosso horizonte.

A combinatória sequenciação genética e previsão, cada vez mais robusta, fenótipo genótipo torna, na busca do bem-estar, tecnologias como *Preimplantation Genetic Diagnosis*[157] (PGD) cada vez mais atrativas, não só para prospetivos pais, mas também seguradoras e programas de saúde governamentais (Figura 38).

Para além destes fatores de interesse o *Easy PGD* permitirá, a casais inférteis, a possibilidade de descendência com a sua informação genética, a indução de células pluripotentes que representará a possibilidade de descendência a casais homossexuais ou ainda a partenogénese. A realidade proposta pelo *Easy PGD* não será igualmente aceite em todos os países, mas irá representar uma parte dos nascimentos do futuro, ou pelo menos irá filtrar alguns riscos de deficiência genética ou algumas características dos embriões. No entanto, para o *Easy PGD* ser

157 Técnica utilizada para identificar anormalidades genéticas em embriões criados in vitro fertilization (IVF) antes da gravidez.

uma realidade clínica, exigirá para além de melhorias na sequenciação do ADN, que a sua interpretação seja também mais precisa.

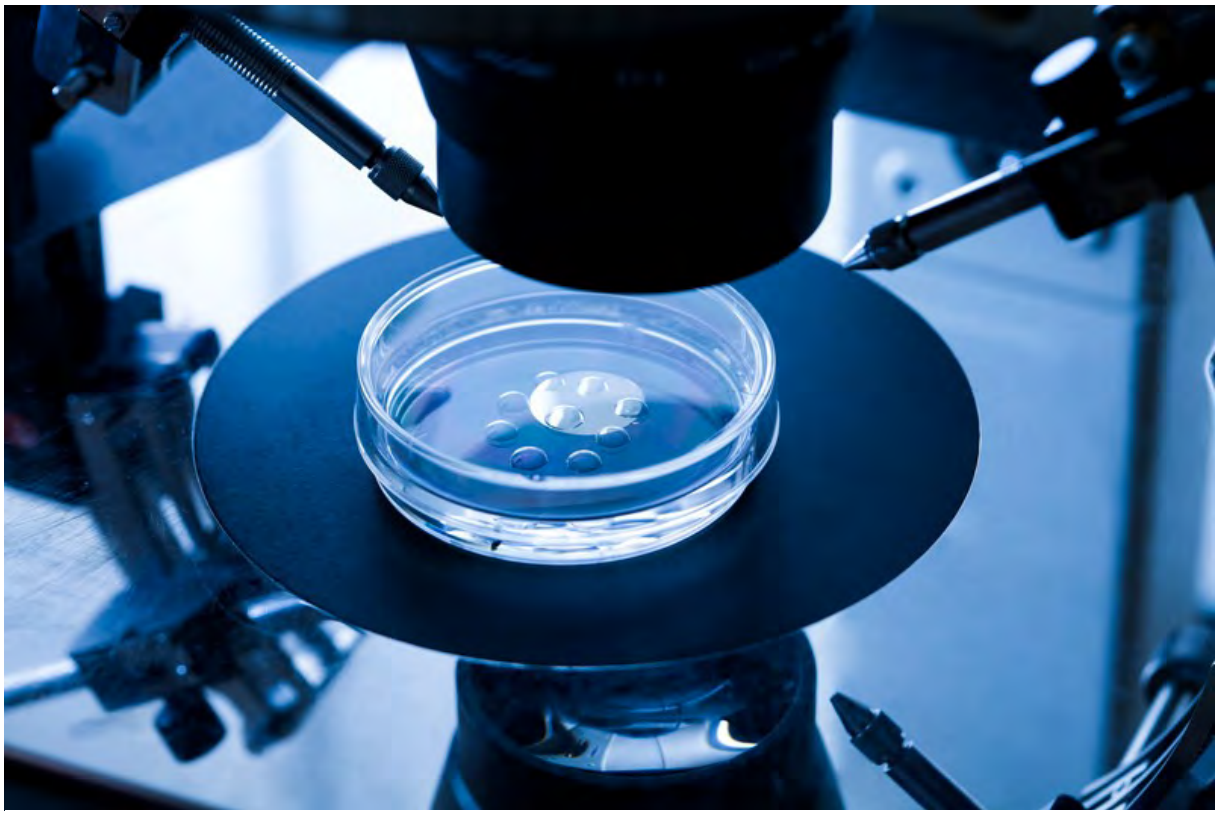


Figura 38 — *Embryos cultured as part of in vitro fertilization can be screened for genetic diseases*. *© SPL*

Atualmente sabemos apenas de algumas ligações entre variações genéticas e alguns comportamentos patológicos, mas o nosso conhecimento de ligações de variações com fatores associados à normalidade ou acima da normalidade são quase inexistentes. Esta afirmação é válida no contexto do conhecimento atual acerca dos níveis de inteligência humana, um exemplo clássico. Acredita-se que a variação da inteligência humana, medida pelos testes de coeficiente de inteligência (QI), está correlacionada com a variação genética, mas a descoberta de que variações e em que medida é ainda uma questão sem resposta. A investigação das interações estratégicas entre agentes racionais provou que pares com níveis mais elevados de QI tendem a colaborar mais. O contexto social da vida humana beneficia deste comportamento, que permite níveis superiores de eficácia e sendo que indivíduos com este perfil tendem a obter melhores

resultados em testes de inteligência emocional (MSCEIT[158]), pois tendem a ler melhor as emoções dos outros e, portanto, a produzir melhores soluções para situações emocionalmente complexas e difíceis (Anomaly & Jones, 2020). As características hereditáveis como a inteligência, a empatia e a criatividade poderá levar-nos à produção de melhores obras de arte, melhor investigação e produção científica, a relações mais significativas e a ponderar melhor decisões com impacto no futuro[159]. Numa era em que entendemos melhor estes processos e podemos direcionar a evolução para onde pretendemos a questão é se o iremos fazer[160]. Um argumento comum para empreender este percurso é a correlação positiva entre a inteligência e o bem-estar medido desde a saúde física, sucesso financeiro, saúde mental e estabilidade das relações.

Como desenhamos as *societas*? A materialização de sociedades prósperas segundo (Anomaly & Jones, 2020) refletem a colaboração e esforço em solucionar os problemas comuns, esta colaboração traduz-se na confiança no grupo social. A seleção com o objetivo de melhorar características hereditáveis, como a inteligência, empatia, criatividade e força, tem um efeito causal na sociedade. Esta motivação justifica considerações favoráveis à manipulação genética, considerada o único meio viável, que será responsável pelas escolhas reprodutivas que se apresentem favoráveis para o grupo.

Charles Darwin apesar de reconhecer a complexidade de variáveis envolvidas no desenvolvimento de uma civilização menciona, como fundamentais na expansão e progresso[161] das nações, o aumento dos números da população bem como elevadas faculdades intelectuais[162], morais, e modelos de atuação de excelência[163].

158 Mayer-Salovey-Caruso Emotional Intelligence Test

159 "...higher scores on IQ tests tend to place more weight on the future. And this willingness to focus on the future shows up in cooperation games as well." (Anomaly & Jones, 2020).

160 Picking an embryo that has genetic variations that predict both unusual height and unusually good ability at mathematics might lead to a child with a high risk for a nasty disease. (Greely, 2016)

161 Entendemos o progresso desacoplado do termo civilização, expresso na afirmação de Durkheim e Mauss There have been and there still are diverse civilizations, one could ask what are the diverse conditions which determine variations in the areas of civilizations.

162A perspetiva racista de Darwin em relação à inteligência é, natural e prementemente, por nós rejeitada Esta citação, deve ser lida com a perspetiva e de ter sido escrita no século dezanove.Pretende-mos apenas contextualizar o sistema complexo a em que as nossas decisões enquanto humanidade, no que diz respeito à manipulação genética para promoção do QI, .

163 Darwin exemplifica este conceito referindo-se a Espanha, uma nação historicamente dominante, mas que com a inquisição eliminou todos os que questionavam e duvidavam e consequentemente o progresso (inexistente sem dúvida)(Killgrove, 2021)

> It is most difficult to say why one civilized nation rises, becomes more powerful, and spreads more widely than another; or why the same nation progresses more at one time than at another. We can only say that it depends on an increase in the actual number of the population, on the number of men endowed with high intellectual and moral faculties, as well as on their standard of excellence (Killgrove, 2021).

Como nos posicionamos perante a manipulação genética que nos permite ainda que teoricamente conceptualizar a possibilidade melhoria da inteligência humana? As sociedades, como sistemas mais ou menos liberais, e as suas constituições ditarão os percursos que serão permitidos aos seus cidadãos. Não se exclui nesta consideração a possibilidade de se obter estes serviços de saúde noutros países recorrendo ao turismo médico. Ainda assim, a dinâmica social, determinada pelos aspetos biológicos do Homem (Sinsheimer, 1966), poderá ser direcionada e dar origem a assimetrias que poderão agravar a desigualdade de oportunidades no mundo. O facto de não podermos oferecer algo a todos constitui uma razão válida para que o acesso seja impedido a alguns quando, em particular, estão em causa doenças graves? (Harris, as cited in Baylis, 2019). Embora a ética seja mais que elencar potenciais benefícios e prejuízos ligados à manipulação genética estes permitem um enquadramento essencial para o raciocínio que pretendemos elaborar.

Ao ultrapassarmos as questões relacionadas com a saúde, a utilização de tecnologias como o Easy PGD e, especulamos, o CRISPR-Cas9, encontramos uma conjuntura difícil perante a decisão de fornecer ou não a informação genética não associada diretamente a questões de saúde. Nesta complexa circunstância não podemos deixar de referir a questão da pertença dos dados[164] genéticos e a agência na sua gestão. Se atribuirmos às instituições governamentais este poder como serão definidos os critérios para decretar em que termos uma vida deve ser vivida ou não.

164 O recurso mais valioso do mundo são os dados, não o petróleo. The Economist. 2017 .https://www.economist.com/leaders/2017/05/06/the-worlds-most-valuable-resource-is-no-longer-oil-but-data

O confronto entre o ideal e o mundo real exige um lugar para pensar. A segurança, liberdade, a família, o direito a um futuro inaugurado[165], a justiça, a igualdade e a utilização de tecnologias como o Easy PGD. A discriminação, o enviesamento, o desequilíbrio de género, na decisão de não utilização de Easy PGD. A eugenia[166].

1.8.1.1 Porque é que algumas sociedades tomam decisões desastrosas?

Naturalmente a resposta não é simples. E no contexto de uma sociedade moderna e erudita, como entendemos a nossa, pensar a resposta apresenta-se como um exercício especulativo sem aplicabilidade prática por se configurar uma hipótese distante. Não obstante, Jared Diamond, Professor na Universidade da Califórnia em Los Angeles (UCLA), identifica a falha na tomada de decisões individuais e a falha na tomada de decisões em grupo, associadas a conflitos entre membros do grupo e dinâmicas de grupo, como fatores decisivos para o desastre (Diamond, 2005). A ausência de experiência anterior ou se, a existir, é tão longínqua no tempo que já não representa conhecimento, constitui a falha em antecipar riscos associados a uma decisão. Esta falha pode ser também construída no raciocínio formulado em falsas analogias, consequência das aproximações mentais com situações próximas.

A falha em avaliar um problema é muitas vezes justificada na impercetibilidade da sua origem. Gestão distante, i.e., a distância física bem como a de reconhecer as características e circunstâncias de um sistema tornam a tarefa ingovernável. Esta perceção é agravada se o comportamento apresenta variações lentas.

Por fim, a falha em solucionar corretamente assume diversas formas e motivações. O primeiro designado, comportamento racional, define-se numa ação pessoal motivada por

165 Does the intervention of parental choice, as opposed to the equally option-foreclosing effects of chance, make a moral difference? (Greely, 2016)

166 Eugenics eu (good) and gen (birth)—eugenics was "good birth." (Greely, 2016)

interesses egoístas e que causam danos a outros[167]. A solução[168] para esta questão está no poder das decisões individuais que tem como base o princípio de benefício partilhado.

No outro extremo o comportamento irracional e errático contribui para a persistência no erro. Este sublima-se na existência e definição clara de valores essenciais sólidos, na harmonização entre benefícios a curto e longo prazos, e no reconhecimento de fenómenos como a psicologia da multidão; *group think* e estado de negação psicológica.

Finalmente, mesmo que uma sociedade tenha antecipado, avaliado e tentado resolver um problema a solução escolhida pode ter sido inadequada ou até errada para as circunstâncias. A ausência de conhecimento, custo proibitivo ou limitações temporais podem convergir para a impossibilidade de uma solução viável.

As razões são inúmeras, o resultado é o mesmo: Desastre. Assumindo que as construções que nos habitam a mente resultam dos objetos e acontecimentos no mundo em torno do nosso organismo, presentes de facto ou recuperados pela memória, e pelos objetos e acontecimentos do mundo interior (Damásio, 2017) e, se à estrutura mental acrescentarmos a manipulação, pela linguagem[169], concorremos para novas derivações, o modo mais espetacular de enriquecimento da mente (Damásio, 2017). Nesta análise, ainda unitária e, admitindo que o conteúdo da mente contribui para a formulação de questões, achamos a causa primária do movimento criativo inquietado pela sobrevivência. O exotismo da mente que nos é exterior, permite-nos, pela interação, expandir o círculo da nossa mente e representar valor para a mente cultural humana. Identificamos a nossa dependência das perguntas diferentes (Simões, 2021), na construção de narrativas para além do estado basal.

É importante, considerar que a natureza das narrativas criadas foram sempre, mesmo que em vários graus, benéficas ou neutras para a Humanidade numa perspetiva global[170] e, portanto,

---

167 Tragedy of the commons (Diamond, 2005).

168 O sucesso desta solução depende de fatores como: da homogeneidade do grupo; confiança; comunicação eficaz; expectativa de um futuro partilhado e organização (Diamond, 2005).

169 Mother nature design language as perfect system for expression of thought — Noam Chomsky @ Harvard Law School 2020

170 Excluímos desta afirmação as bombas atómicas lançadas em Hiroshima e Nagasaki possíveis pelas descobertas da física nuclear. Nota: A leitura da carta de Einstein ao Presidente Franklin D. Roosevelt, acerca deste tema, disponível no endereço https://www.christies.com/en/lot/lot-3886884 acrescenta insights a valorizar nesta discussão, tal como a criação do Manhattan Project.

a impossibilidade de anular uma ideia nunca representou uma vulnerabilidade capaz de questionar a nossa sobrevivência como espécie. Todavia, o estado atual da investigação científica poderá tornar mais acessível uma descoberta com potencial destrutivo global (Bostrom, 2019).

Para nos ajudar a navegar consideramos hipótese do mundo vulnerável (VWH[171]). No instante em que escrevo contabilizamos aproximadamente, no mundo, 7,9[172] mil milhões de mentes criativas. Combinando a diversidade do caráter humano e suas circunstâncias e a teoria dos grandes números, é razoável pensar que existe um número residual de indivíduos dispostos a agir de acordo com motivações que ambicionam a destruição em massa, ou com incentivos apelativos como poder, dinheiro e, ou estatuto. Mas excluiremos, nesta análise as vulnerabilidades configuradas nestes cenários e consideremos[173] apenas a possibilidade probabilística de um evento com efeitos devastadores para a civilização ou que propiciem instabilidade e incapacidade de tomada de decisão em grupo. Especialmente em circunstâncias em que a tecnologia pode gerar uma perturbação nova na Natureza, ciclos de *feedback* positivo ou não linearidades.

Coloca-se então a questão: Como definir uma tendência para a estabilidade? Como diminuir as externalidades de risco?

Mesmo que o desenvolvimento de uma tecnologia seja determinístico, i.e., se a tecnologia X pode ser desenvolvida então a tecnologia X será desenvolvida. Só nos resta gerir quando a tecnologia será disponibilizada. Ao mesmo tempo, podemos promover a diminuição da preferência destrutiva por atribuição de benefícios, ou promover a renúncia tecnológica e restringir o acesso a materiais e informação, ou, ..., vigilância ubíqua, uma instituição supranacional centralizada para governação. Estas ideias quando ponderadas no desenho de uma solução devem ser consideradas conjuntamente os riscos e benefícios que implicam: hegemonia,

171 Vulnerable world hypothesis: "If technological development continues then a set of capabilities will at some point be attained that make the devastation of civilization extremely likely, unless civilization sufficiently exits the semi- anarchic default condition." Future of Humanity Institute, University of Oxford (Bostrom, 2019).

172 https://www.worldometers.info/world-population/

173 Type-0 Vulnerability — "there is some technology that carries a hidden risk such as the default outcome when it is discovered is inadvertent civilizational devastation" (Bostrom, 2019).

intolerância, declínio na inovação, diminuição de criminalidade (Bostrom, 2019). A decisão está na génese do colapso ou progresso de uma sociedade.

1.8.2 A manipulação genética pode reverberar nas próximas gerações

There's even exponential growth in the rate of exponential growth.

— Ray Kurzweil

Embora o nosso conhecimento atinja mais esclarecimento a cada investigação, não sabemos ainda os efeitos da variação de um gene em particular combinado com a variação de outro gene, acrescendo a variabilidade determinada pelo contexto ambiental. Encontramo-nos num território especulativo, mas podemos ilustrar esta realidade com o exemplo da drepanocitose ou anemia das células falciformes[174], uma doença de transmissão autossómica recessiva, i.e., o gene tem que ser herdado pelo pai e pela mãe, cujo alelo produz hemoglobina S em vez de hemoglobina A. O interessante desta doença, é o facto de promover a sobrevivência humana em locais onde a malária é comum como a África subsariana. Neste contexto, os indivíduos que transportam um alelo de hemoglobina S e um alelo de hemoglobina A apresentam maior resistência à forma mais comum da malária. Em locais em que a Malária é comum esta condição genética protege metade dos descendentes de um casal de malária à custa da morte de $^1/_4$ da sua descendência. Nesta conjuntura, se os pais decidirem utilizar o *Easy PGD* para eliminar os alelos S da hemoglobina, e se a malária se alastrar, uma decisão aparentemente vantajosa a curto prazo pode assumir dimensões catastróficas a longo prazo.

174 É uma doença que afeta os glóbulos vermelhos, nesta patologia glóbulos vermelhos apresentam uma forma de lua e não conseguem transportar adequadamente o oxigénio, são menos deformáveis e tendem a obstruir os vasos sanguíneos. CUF (n.d.) https://www.cuf.pt/saude-a-z/drepanocitose

1.8.2.1 Viver com condições genéticas

Os indivíduos que vivem sem condições genéticas que os colocam em circunstâncias de excecionalidade, subestimam consistentemente a realização de vida de indivíduos com essas condições. Para completar o nosso discurso devemos considerar as perspetivas sobre as tecnologias de edição genética por aqueles que vivem com condições genéticas extraordinárias e seus familiares.



Figura 39—*Ruthie Weiss*

O ADN de Ruthie Weiss (Figura 39) é singular. Devido a um "erro" genético, o corpo de Ruthie produz níveis muito baixos de melanina que se traduzem na sua pele clara, cabelo loiro e no facto de ter uma acuidade visual muito abaixo da média. Ruthie ainda está a aprender a ler, provavelmente nunca poderá conduzir um automóvel, mas consegue jogar basquetebol e já levou a sua equipa a algumas vitórias.

Ethan Weiss, pai de Ruthie, perguntou-lhe se ela gostaria que os seus pais tivessem corrigido o gene responsável pelas suas circunstâncias antes de nascer. A resposta de Ruthie foi perentoriamente negativa e manteve-se quando questionada se o faria com os seus filhos. Ethan Weiss, cardiologista e cientista na Universidade da Califórnia, perante a possibilidade de edição genética para corrigir o "erro" genético no ADN de Ruthie afirma que antes de ela nascer a sua

opção seria afirmativa, contudo não deixa de sentir que se o tivesse feito teria sido um erro, pois ao fazê-lo estaria a comprometer o que torna a Ruthie especial, nomeando a sua determinação. Ethan considera ainda que não só Ruthie mudaria, mas a sua família também com o impacto de uma decisão no sentido da edição genética.



Figura 40—*David Sanchez*

David Sanchez (Figura 40), tem uma única alteração na sequência molecular do ADN, no gene HBB, a letra A foi trocada pela letra T, a estrutura da proteína ficou impedida de se dobrar corretamente, a sua estrutura disruptiva impede-a de funcionar corretamente. David sofre de anemia das células falciformes. Se vivesse em África a sua esperança de vida seria 5 a 8 anos de idade, como reside nos Estados Unidos da América vê a sua esperança de vida estendida até perto dos 40 anos de idade. David descreve as crises que interrompem a sucessão das suas atividades de adolescente: “It 's, like pulsing. This Hurts. You are having a sickle cell crisis… But I'm not just gonna not play basketball. You can’t just not play basketball.” (Bolt, 2019, Human Nature, 1:27:14). Matt Porteus, investigador na Universidade de Stanford, afirma que não temos ainda as ferramentas para mudar a letra T de um modo preciso e que faz com que David sofra desta condição. Mas a emergência de tecnologias como CRISPR-Cas9, que apareceu inesperadamente (Baltimore, 2019, Human Nature, 1:19:39) e que permite à Humanidade alterar os seus genes,

representa um ponto de inflação no "mindless[175] discipline of natural selection" (Sinsheimer, 1966) e reclama o raciocínio acerca do impacto que a sua utilização terá em pessoas que vivem com condições genéticas para além do limite estabelecido pela norma.

1.8.3 Existem lugares para onde nunca ninguém olhou

Chromosome broken
awaits sounds of strands pairing,
preserving the life's thread.

A sentence is a significant portion of speech
—Aristóteles

A plasticidade do cérebro Humano é uma característica inata. Assim como no passado a leitura e a escrita esculpiram o nosso cérebro, no futuro, este assumirá formas produzidas pelas tecnologias emergentes (Keller, 2014).

A nossa biologia é quase tão complexa como tem sido há milhões de anos, mas a sofisticação e capacidade das nossas ferramentas evolui exponencialmente (Kursweil,1999, as cited in Metzl, 2020). O desenvolvimento de mais e melhores ferramentas, permite-nos uma organização mais eficaz, uma colaboração estendida e maior produção de ideias. Quanto mais ideias tivermos melhor o nosso posicionamento para realimentar esta sucessão. Cada revolução tecnológica permite a seguinte, e o tempo entre cada revolução abrevia-se e o seu impacto agiganta-se (Metzl, 2020). Coletivamente, enquanto espécie, avançamos hoje ao ritmo das pulsações despertadas pelas bases tecnológicas, para a engenharia genética humana e para a biologia sintética, que se preparam para transformar a biotecnologia e a medicina (Cameron, 2014). Atualmente, não só aprendemos a ler e a escrever código genético como aprendemos a

175 What about Homology Directed repair— Inside our cells there are two identical DNA molecules, lying side by side. If one is broken it can tell the sister to copy the missing information. Yes. Done. (Bolt, 2019, Human Nature, 1:22:45)

colocá-lo em forma digital e a traduzi-lo para uma forma de vida sintetizada. Em maio de 2019, cientistas sediados no Reino Unido, anunciaram a autoria e criação da bactéria Syn61, com um genoma completamente novo e sintético, e que sobreviveu, cresceu, replicou-se como se fosse natural. Estamos ainda longe de sintetizar os cerca de cento e vinte e um mil genes codificadores de proteína do genoma humano, mas ansiamos compreender e roubar a imortalidade aos Deuses e para criar uma nova biosfera.

1.8.3.1 Caso de Estudo: O Reino Sintético— Alexandra Daisy Ginsberg

New species created by man represent a combination of beauty and terror

—Alexandra Ginsberg

O planeta Terra faz parte do Sistema Solar cuja formação se estima ter ocorrido há 4,6 mil milhões de anos. Na altura não existiam oceanos nem oxigénio na atmosfera e a Terra foi fortemente bombardeada por asteroides e outros materiais produzidos durante a formação do Sistema Solar. A evolução da vida é ainda enigmática e sem solução tangível apesar de todos os avanços científicos recentes. Contudo a teoria Panspermia assume cada vez mais destaque no mundo científico. Segundo esta partículas de pó dos cometas e meteoritos, ricas em compostos orgânicos, choveram num oceano primordial na superfície terrestre. Adicionado a este oceano químico, éons de tempo, foram reunidas as condições para que a vida emergisse (Lal, 2008).

A história da nossa espécie tem origem em organismos unicelulares, as células procarióticas. Os seus mecanismos reprodutivos introduziram variações aleatórias, que representaram vantagens ou desvantagens específicas no ambiente onde se moviam, determinantes para a sobrevivência. À medida da alteração no ambiente os traços enfrentam pressões seletivas num processo interminável de adaptação e evolução.

Numa linha temporal de milhares de milhões de anos a competição e sucessivas mutações causaram o aparecimento de células eucarióticas, organismos multicelulares e reprodução sexual

responsável pela diversidade biológica onde também nós, Homo Sapiens Sapiens, com os nossos 21.000 genes, nos encontramos (Metzl, 2020).

Recentemente o homem interferiu com a evolução natural. A tecnologia associada à biologia sintética permite-nos criar, mas requer uma adaptação do nosso entendimento do mundo natural e vida. Um novo reino, sintético, acontece exigindo mais uma atualização, ficcionada, da árvore da vida[176] (Figura 41) e (Figura 42) ou suas variações (Myers, 2012). A vida é extraída do seu contexto natural e transferida para o universo da engenharia[177] com um único paradigma: aplicação da lógica da engenharia na vida[178]. Num contexto onde, como afirma o bioengenheiro Frances Arnold, "there is no such thing as a standard component, because even a standard component works differently depending on the environment" (Cats & Zurr, 2014), as narrativas da biotecnologia oscilam entre abertura e controlo, standards globais e restrições de uso sendo, apesar disso, de fácil acesso. A biologia[179] na sua lógica interna de reprodução e sobrevivência é inteiramente adversa a *standards*, leis e limites (Ginsberg, 2014). O paradigma da biologia sintética[180] representa uma transição entre os estudos científicos com o objetivo de catalogar e entender o que existe no mundo natural para o design de novas possibilidades a partir da matéria viva. Torna-se fundamental refletir como a perspetiva humana, as suas intenções e as suas decisões orientadas por valores[181], se enquadram na evolução. Que valores irão dar forma se, porquê e como desenvolveremos tecnologias biológicas (Schyfter, 2014). Como a complexidade que responde a um contexto se compatibiliza com os ideias da engenharia de controlo e simplicidade (Ginsberg, 2014).

176 Cientistas perante esta representação afirmam que seria melhor que o reino sintético estivesse localizado a partir de um ramo e não na raiz, ou então uma arvore separada, ou uma nuvem sobre a árvore

177 Single engineering paradigm –visão do futuro em que o controlo sobre a matéria e a vida, e a visão da vida como matéria será atingida pela aplicação de princípios da engenharia, desde nanotecnologia, biologia sintética, engenharia geológica, engenharia cognitiva e neuro-engenharia (Cats & Zurr, 2014).

178 Não apenas na manipulação da forma da vida mas também expandindo-se à forma como a vida é percecionada Os engenheiros estão interessados na biologia pois o mundo biológico proporciona um universo extremamente rico e inexplorado para controlar e processar informação, materiais e energia (Cats & Zurr, 2014).

179 Considere a capacidade da biologia em converter luz solar em energia química, construir estruturas complexas, a capacidade de replicação, regeneração e a capacidade de reutilizar materiais outrora desperdício (Ginsberg, 2014).

180 A biologia sintética atualmente organiza-se em duas categorias: "top-down"—nesta abordagem utilizam-se organismos existentes, como as bactérias, e inserindo ou removendo informação genética que codificam funções determinadas e, "bottom-up" —os sistemas são criados do zero convertendo a química em biologia (Mansy & Pohflepp, 2014).

181 Reforçamos a ideia dos valores estarem centrados no Homem, específicos na sua origem, aplicações e ramificações (Schyfter, 2014).

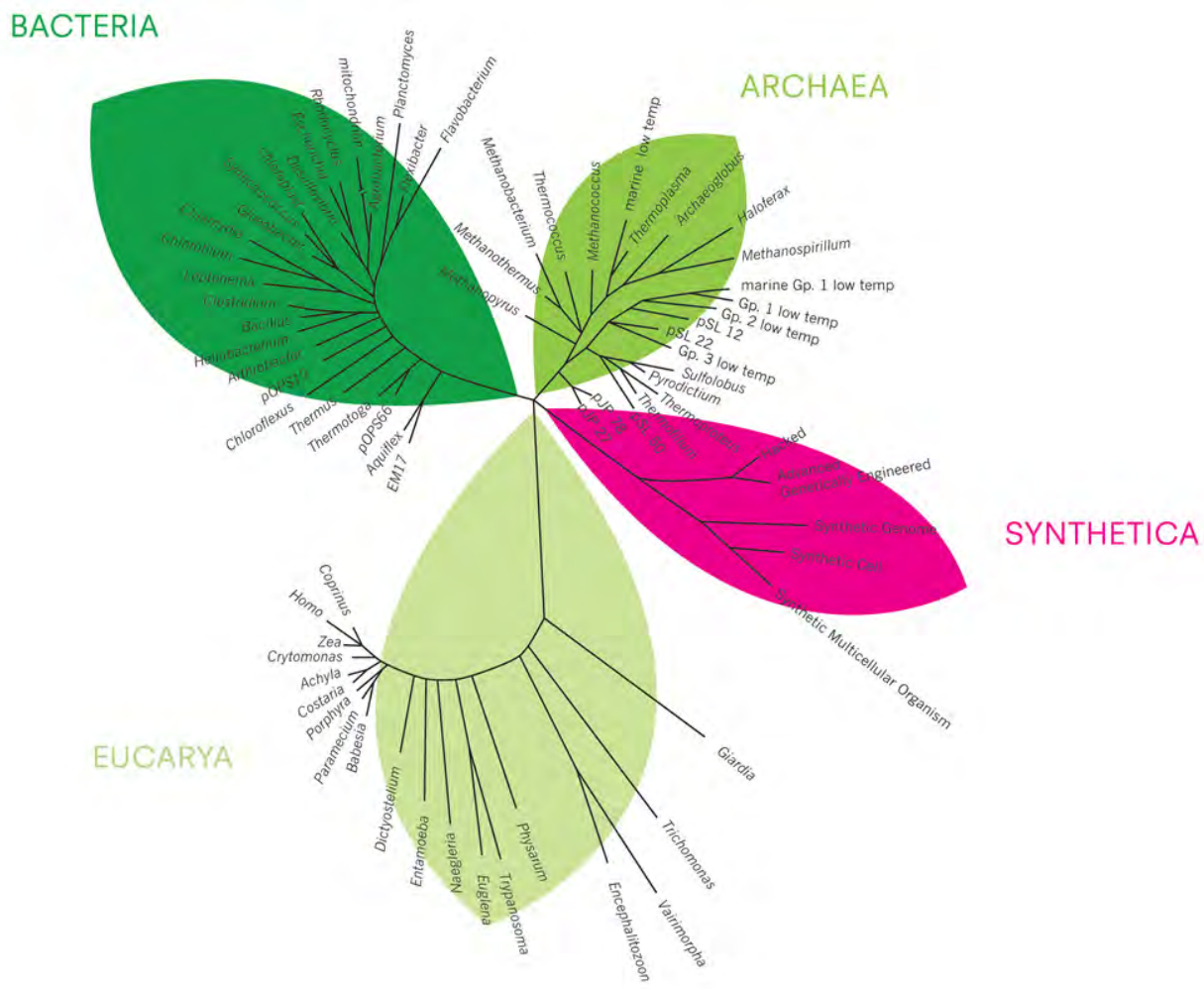


Figura 41— *Reino sintético © Alexandra Daisy Ginsberg 2009*

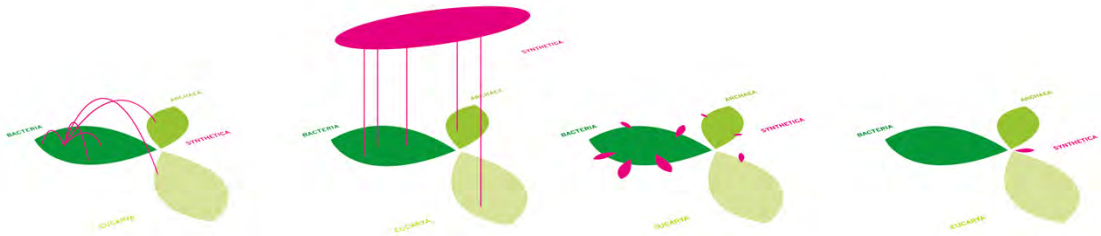


Figura 42—*Reino sintético interações © Alexandra Daisy Ginsberg*

Introdução

O biólogo James F. Danielli, quando questionado, em 1971 pela revista New Scientist, sobre as implicações éticas e sociais do seu trabalho científico[182] , na área da biologia sintética, afirma que não sendo óbvias, não é feito o investimento necessário para prever os impactos dos resultados da investigação científica na sociedade: "as soon as something becomes available it is applied without any study of what it might do to mankind" (Ginsberg, 2014).

Paola Antonelli, curadora sénior no MOMA, sustenta que os designers ocupam o espaço entre os dias comuns e as revoluções. A nossa responsabilidade, enquanto humanidade, torna-se maior na medida em que compreendemos imperfeitamente a natureza.

> ... it is emerging approaches in art and design that can provide useful models for a "better" biological design. Art and more experimental design practice can tease out problems, questions, and ideas not addressed by other disciplines, finding ways to express what we cannot yet put into words, including our fears (Ginsberg, 2014).

182 Síntese de uma célula artificial a partir de vários componentes de uma ameba (Ginsberg, 2014).

1.8.4 Discussão

Beauty is truth, truth beauty—that is all
Ye know on earth, and all ye need to know.

— John Keats

Num contexto em que a potenciação do desempenho científico é uma exigência constante, quer pela existência de competição direta, quer pelos valores de investimento envolvidos, a especialização assume preponderância.

Os cenários de investigação científica, cada vez mais complexos, requerem a otimização da atenção e o máximo conhecimento das variáveis que implicam ascendência nos resultados obtidos.

Não basta provar uma teoria, é necessário também ter presente o momento. Ser capaz de chegar à melhor solução garantindo a otimização do tempo. A avaliação do sucesso não considera, no plano consciente, julgamentos estéticos, apesar dos cientistas associarem frequentemente às suas ideias e teorias, qualidades estéticas (Breitenbach, 2013). Ao considerarmos objetivamente o valor da estética, no sujeito que a perceciona e que exige a concordância universal, como variável[183] no processo científico para o conhecimento o desafio é otimizá-la entendendo os seus mecanismos. O impulso criativo e o enriquecimento da mente resultam também da interação do sujeito com o seu ambiente numa correlação positiva com a multiplicidade, complexidade e ordem. O i3S promove institucionalmente, no movimento de aproximação à arte, residências com artistas plásticos e na coautoria e dinamização de projetos como o HYBRID. Este movimento sendo diferenciador, está circunscrito no tempo e, portanto, é ainda embrionário.

183 Mesmo que uma variável de segundo grau, por ser de manipulação indireta.

1.9 CRISPR

> The Nobel Prize shows humanity's ability to constantly find solutions to the difficult challenges we face.
>
> **— Carl-Henrik Heldin, Chairman of the Nobel Foundation**

> When you see something unusual, you automatically assume that it's interesting. That's just how science works.
>
> **— Fyodor Urnov**

Dez de dezembro, aniversário da morte de Alfred Nobel, é uma data que ressoa no mundo da ciência e do humanismo. Em 2020, num ano de extraordinários desafios individuais e coletivos, Estocolmo anunciou, no *Golden Hall* do *Stockholm City Hall*, o sucesso científico do método eficaz de edição do Ácido Desoxirribonucleico (ADN).

A história da tecnologia CRISPR, desde a descoberta dos seus mecanismos e funções, nomeadamente como sistema imunitário adaptativo, passando pela sua caracterização e posterior utilização para edição de genoma representa uma alteração de paradigma na Biologia. A ideia seminal surge do reconhecimento da repetição, espaçada regularmente, de um padrão, no ADN da *Haloferax mediterranei*. Mojica pretendia entender os mecanismos utilizados pela *H. Mediterranei* que exibia uma eficiência metabólica e estabilidade genética notáveis num meio de elevada concentração de sal comparativamente à maioria dos outros membros das *Halobacteriaceae* (Lander, 2015). As bactérias pareciam ter um sistema imunitário adaptativo, um mecanismo em que as bactérias integravam pedaços de ADN do vírus no seu genoma — spacers, para se defenderem dos vírus. Este sistema é reconhecido como *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* (CRISPR) (Figura 43). A bactéria é agora imune. CRISPR pode ser visto como um sistema imunitário. Mas em 2013, o parágrafo final de um documento, assinado por Emmanuelle Charpentier e Jennifer Doudna, publicado na revista Nature onde se pode ler "*With RNA-guided Cas9 enzymes, bacteria now offer a versatile tool for rewriting genomic sequence information that has the potential to reshape the genome engineering*

landscape in biotechnology and medicine.”, deu-se início a uma revolução (vd. anexo Rewriting a genome).

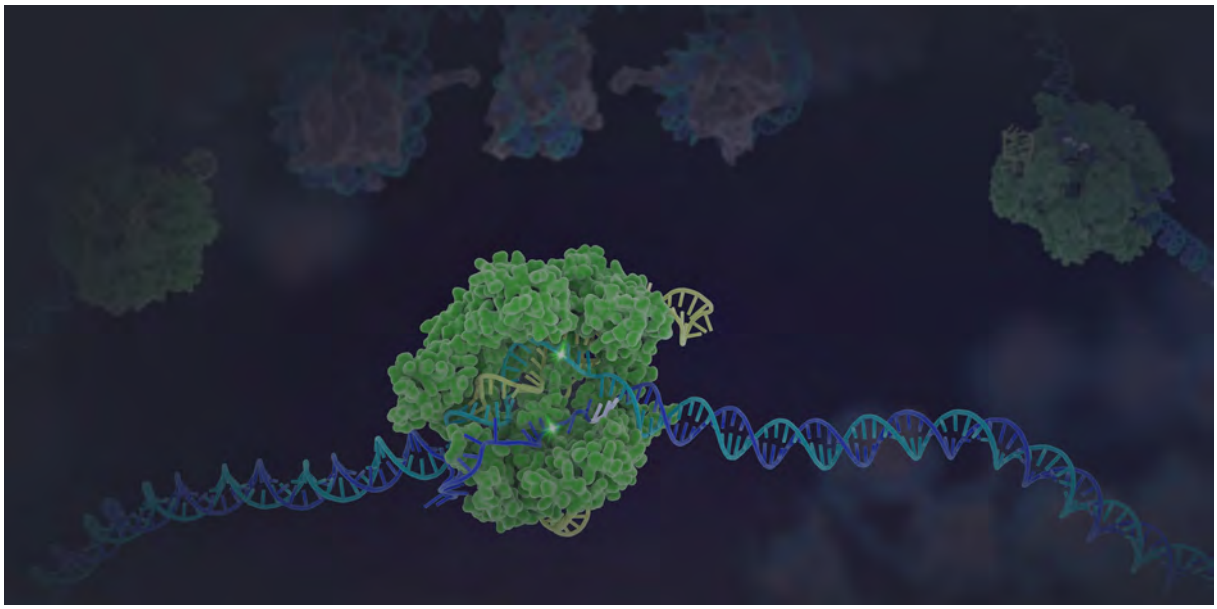


Figura 43 —*Proteína CRISPR Cas9 a editar a dupla hélice do ADN© Innovative Genomics Institute*

Este sistema pode ser reprogramado, pelo RNA, para fazer quebras precisas no ADN. A célula repara a quebra através da inserção de uma sequência de ADN desenhada em laboratório (Figura 44). A partir deste instante a nossa seleção não será apenas natural, nem aleatória, mas intencional e direcionada. Esta tecnologia permite-nos alterar a evolução humana, se assim o entendermos (Doudna, 2019, Human Nature, 1:03:23), (vd. anexo Don’t edit the human germ line e Adopt a moratorium on heritable genome editin).

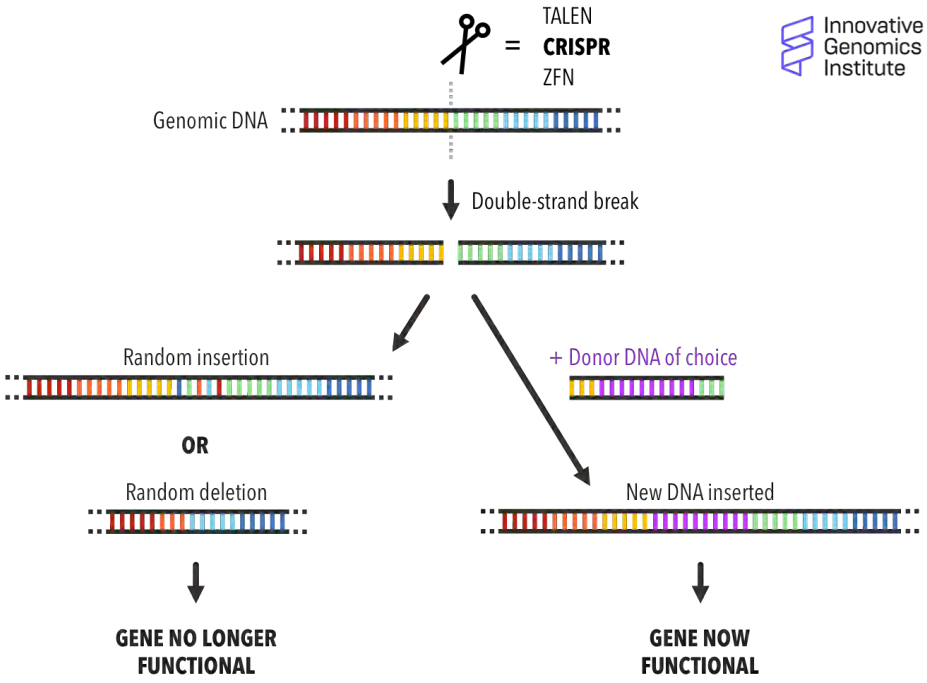


Figura 44 — *Sistema CRISPR © Innovative Genomics Institute*

1.9.1 Potencial artístico da tecnologia CRISPR

1.9.1.1 Biotechnology from the Blue Flower

> I yearn to see the blue flower I dreamed of. In my dream, it felt as though I was in some other world. For whom–in the world where we live the rest of the time–would ever care so much about a flower?
>
> **— Heinrich von Ofterdingen, a novel by Novalis, 1799**

Anna Dumitriu e Alex May em *Biotechnology From the Blue Flower,* no contexto do *ASN-AIR program 2018-2022 in the CHIC science labs*, pretendem elaborar uma instalação bio digital com base na investigação científica da chicória (Figura 45). A abordagem artística consiste na exploração da morfologia da planta, a utilização da tecnologia CRISPR para a sua edição incluindo a perspetiva histórica[184] e impacto cultural da chicória, com o objetivo de desenhar uma ligação entre o passado da planta e a tecnologias de investigação científica contemporâneas, num universo de continuidade e numa procura de identidade expressiva que, através da metamorfose, dilui a polaridade entre arte e ciência, entre o passado romântico e o futuro biotecnológico. A chicória, como parte da revolução biotecnológica representa, na obra, a delicada posição entre a natureza e a tecnologia e de como a natureza pode vir a ser definida no futuro.

Ao situarmos esta residência artística, e os seus resultados, sob o olhar da nossa investigação, e no que se refere à exigência associada à utilização de tecnologias científicas, Anna Dumitriu responde a qualquer desafio com a sua motivação intrínseca em aprender "I relish the research process and have a great to desire to learn and understand, which I do through talking to scientists, reading and working hands on in the lab " (Anna Dumitriu, comunicação pessoal, 16 abril de 2021). A sua visão da arte como uma meta disciplina enquadra o seu interesse em explorar uma visão integrativa do mundo:

184 First coined around 1790 by mining engineer, philosopher, and poet Novalis (a.k.a. Friedrich von Hardenberg), the blue flower represents the passions that don't have a clear purpose in society. It is a spark of color that we can't seem to forget, no matter how unrealistic or impractical it seems. https://sites.gatech.edu/c21humanities/2017/09/12/blue-flower/ (para.1)

> It's probably more that my view of art - as a metadiscipline - has synergies with how scientists understand the world too and enables all of us to think about the world in a multilayered way, thinking reflectively, aesthetically, ethically and epistemologically (Anna Dumitriu, comunicação pessoal, 16 abril de 2021).

1.9.1.1.1 Discussão— Biotechnology from the Blue Flower

Ao colocarmos esta obra no referencial arte-ciência, na sua dimensão imagética, reconhecemos o propósito de, através da manipulação, especular uma nova estética, contudo a assimetria desta relação embora diluída mantém-se. O entendimento da sua essência exige contextualização da tecnologia, mas não é clara a sua natureza científica, para além da manipulação tecnológica que envolve.



Figura 45 —*Chicory Plants grown from Protoplasts*

©Anna Dumitriu

1.9.2 Discussão

A ideia não expressa na imagem, mas assessorada pela palavra promove a incapacidade de descoberta no que vemos. A obra é. Mas, o discurso artístico, à procura da sua identidade, perde-se na paisagem científica. A incessante tradução da obra por junção de uma instalação, uma performance, uma comunicação, distrai a nossa atenção da estrutura subjacente. A imagem auditiva ou visual relacionada pode ocupar o lugar da própria obra, ou mostrar a incompletude do seu propósito.

O enquadramento, destas criações, na visão tradicional da história da arte expõe um movimento de expansão da Arte, na amplitude da nova dimensão estética só possível pelo avanço, científico e tecnológico, que acompanha a Humanidade e capturou o olhar artístico.

É particularmente importante reconhecer o valor deste exercício para o conhecimento civilizacional e do processo de construção de narrativas que alimentam a nossa mente. A decisão de explorar estas possibilidades pode levar a derivações novas, artísticas, científicas e tecnológicas.

Procuramos refúgio nas palavras.

Ao associarmos a imagem ao silêncio, situamo-nos no ponto que nos permite edificar todas as coisas.

1.10 Hieronymus Bosch e CRISPR

> For God often gives the ability to learn and the wit to make something good to [an artist] who has no equal in his day, and whose like has not been seen for many a year previously, nor shall soon come again.
>
> **— Albrecht Dürer**

Embora num contexto consistente e obedecendo à particularidade da história de arte de associar uma descrição a um objeto artístico[185], a ênfase[186], neste estudo, será dada aos grupos selecionados, aos sentidos, perceções e à imaginação.

Para além da interpretação da obra, a perspicácia do processo material e intelectual criativo será objeto da nossa investigação.

A visão que nos chega da era medieval, manter-se-ia presa na tela até que novos desenvolvimentos científicos e tecnológicos nos aproximam da possibilidade ainda que teórica do design de uma nova espécie. Neste contexto a tecnologia CRISPR permitiu, por associação, uma nova leitura da obra-prima da arte europeia do século dezasseis.

185Tendo em conta que pela sua natureza, a imagem e a palavra, podem colidir, exigindo assim o ato de traduzir (Parker, 2020)

186On the senses and on perception, and on imagination and on the commandment to control the senses (Michael, 2018)



Figura 46 — *The Garden of Earthly Delights (exterior: Creation of the World up to the Third Day) Madrid, Museo Nacional del Prado inv. no. 2823 © Museo Nacional del Prado*

1.10.1 The Garden of Earthly Delights [187]— Hieronymus Bosch

> Bosch is one of the very few painters who- he was indeed more than a painter! —who acquired a magic vision. He saw through the phenomenal world, rendered it transparent, and thus revealed its pristine aspect."
>
> **—Henry Miller**

A inscrição *"Ipse dixit et facta sunt; ipse mandavit et creata sunt[188]"*, em letras góticas, que paira no cenário cósmico, pintado em tenebrosas sombras de cinza[189], representado nos painéis exteriores de *The Garden of Earthly Delights[190]* (Figura 46), (Carroll,2022) a obra mais conhecida de Bosch, anuncia o tema da criação do mundo *de nihilo et simul[191]* (Michael, 2018). Este deve ser entendido na derivação, que legitima a poesia e as artes visuais do no final da idade média início do renascimento: *docere et delectare[192]* (Fischer, 2021).

O tríptico representa *The Creation of the World up to the Third Day[193]* nos painéis exteriores quando fechados, nestes Bosch evoca o processo misterioso de criação do céu e da terra.

A superfície da Terra é sombria, um disco que flutua numa esfera cristalina, no ar à frente de um cenário escuro e impenetrável (Carroll, 2022). A vista de topo na representação que Bosch realiza neste painel reflete a cosmogonia de espírito distinto e moderno que se vivia nos Países Baixos, particularmente na corte de Borgonha[194], explanado nos manuscritos e tapeçarias e que Bosch estudou cuidadosamente: "It is well known that Bosch appropriated specific themes and

187 Perspetiva considerando os estudos técnicos da obra realizados pela equipa do Museo Del Prado

188 Ele falou e foi feito; ele ordenou e foi criado (tradução livre)

189 Visto que o Sol e a Lua só foram criadas, por Deus, ao quarto dia (Génesis 1:16). A visão monocromática de Bosh é uma inovação entre os pintores dos países baixos que tipicamente pintavam en grisaille, expandindo a técnica para a pintura de paisagens (outro aspeto inovador dos painéis exteriores)(Carroll, 2022)

190 Foi pintada por ocasião do casamento de Henrique III de Nassau-Breda , e destinava-se a servir como speculum nuptiorum (Vandenbroeck, 1990 as cited in Fischer, 2021) com o propósito de conduzir ao sucesso da aliança marital expondo os benefícios e perigos a ela associados (Fischer, 2021). Esta perspetiva não é inequívoca pois recentes estudos dendrocronológicos e de análise estilística sugerem o intervalo 1480-85 para a data mais provável da execução da obra e assim, terá sido comissionada por Engelbert II, tio de Henrique III (Vandenbroeck, 2016). O Bosch Reasearch and Conservation Project, mantém a questão em aberto (Carroll, 2022).

191 Do nada e em simultâneo (tradução livre).

192 Instruir e deleitar (tradução livre).

193 "let the earth bring forth green herb, and such as may seed, and the fruit tree yielding fruit after its kind, which may have seed in itself upon the earth" (Génesis 1:11)

194 Alexandre o Grande, conquistador e polímato era evocado como exemplo pela corte de Borgonha, quer pela presença de manuscritos de Jean Wauquelin's Les faicts et les conquestes d'Alexandre le Grand (c.1447) nas bibliotecas de nobres (Filipe, o Bom; Carlos, o Ousado;... ; Henrique II de Nassau) , quer pelas tapeçarias que ilustram a sua vida (Oficina de Pasquier Grenier, Scenes from the Life of Alexander the Great, c.1460 Palazzo Doria-Pamphilii, Génova) o acesso a estes objetos por parte de Bosch enriqueceu o seu horizonte pictórico (Carroll, 2022). Destaca-se como muito influente em Bosch o manuscrito Prayer Book of Charles the Bold (Getty— Conservation Research Foundation Museum Ms. 37)

motifs from fifteenth-century manuscripts" (Carroll, 2022). Mais uma vez, é possível identificar a influência na pintura de Bosch da representação que acompanha a narrativa acerca da criação do terceiro dia, do manuscrito *Nuremberg Chronicle* (Figura 47). Contudo as últimas são apenas esquemáticas e não descritivas, afastando-se assim dos fenómenos naturais da luz[195] e do estado da matéria que Bosch procura, diferenciando-se assim, e mais uma vez, dos seus antecessores. A sua representação não captura os eventos de cada um dos dias, mas representa vários instantes da sucessão dos dias que deram origem ao mundo (Carrol, 2022) acrescentando a dimensão temporal da pintura (Michael, 2018).

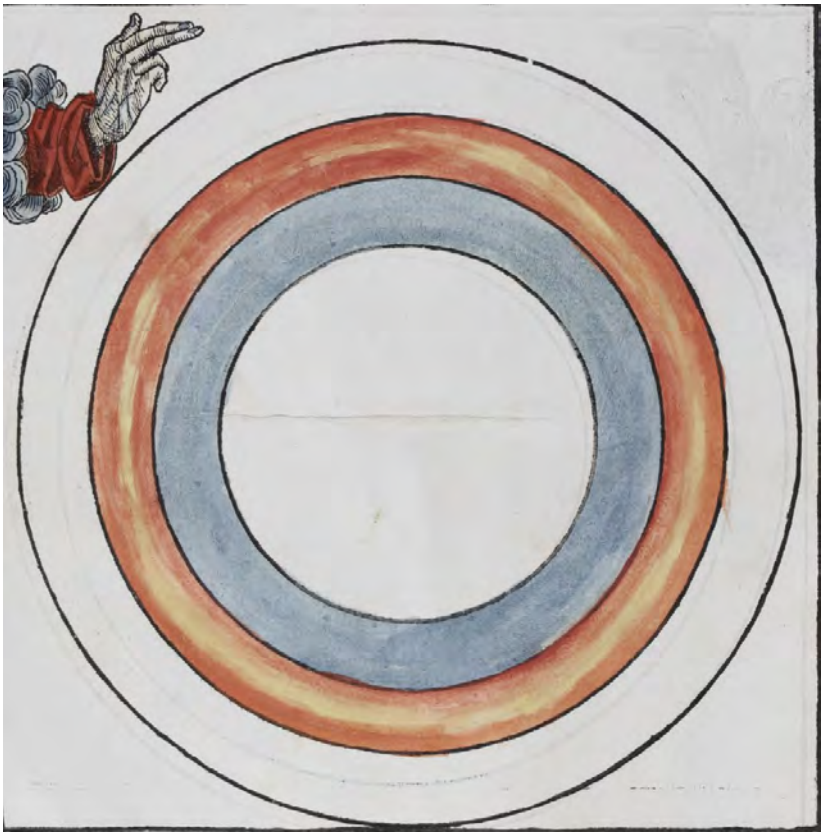


Figura 47— *"De opere tercie diei", Liber chronicarum, Hartmann Schedel © University of Cambridge Digital Library*

195 Luz incidente, luz refratada e luz refletida, ou os diversos estados da água (vapor, líquido e sólido)

A representação pretende ilustrar a sequência dos dias da criação, segundo a visão de Deus, representado diminutamente[196] (Carroll, 2022) no topo superior esquerdo do painel exterior, por entre nuvens cinzentas mais vaporosas que as que se encontram no interior da esfera, descrita no livro dos Géneses, mas reconciliando-a com narrativas[197] de filósofos e pensadores como Platão (c. 400 a.C.), Aristóteles (c. 350 a.C.), entre outros. A esfera, *per speculum in enigmate*[198], é rodeada por uma brisa de luz que ilustra o instante em que a Terra estava imersa na escuridão. O aspeto de gelo que Bosch atribui à superfície exterior sugere a estrutura cristalina da água acima do firmamento. Abaixo do firmamento as nuvens, representam o vapor de água, e por entre elas raios de sol[199]. O céu esférico[200] parece iluminado por luz natural revelando os fenómenos naturais[201] da luz (Carroll, 2022).



Figura 48—*Detalhe Tapestry Alexander the Great © Palazzo Doria-Pamphilii, Génova*

196 Estabelece-se a relação de Deus com a humanidade, Deus observa-nos do céu (Michael,2018).

197 Do caos surgiram os quatro elementos, ar, fogo, água e terra a partir dos quais todas as coisas forma criadas (Carroll, 2022).

198 Através do espelho, o enigma (tradução livre)

199 Múltiplos raios de sol no painel esquerdo e apenas um no painel direito. Com estes raios de sol Bosch anuncia o quarto dia da criação (Carroll, 2022).

200 O volume da esfera é sugerido por duas tiras curvas paralelas, uma técnica comum entre os pintores dos países baixos na era medieval —Hans Memling, Christ with Music-Making and Singing Angels, c 1489, Museum voor Schone Kunsten, Antwerp— (Carroll, 2022).

201 Destacamos os raios de luz atravessam nuvens.

Introdução

A representação elíptica da superfície da Terra sugere um ponto de vista como o que Alexandre o Grande terá descrito, nomeadamente a descrição da paisagem, quando experimentou a máquina voadora (Figura 48) que o elevou da superfície terrestre (Carroll, 2022). Bosch pinta a superfície terrestre visível no hemisfério superior, enquanto no hemisfério inferior a Terra está submersa, e onde se acreditava que a água, o ar e a terra eram aquecidos pelo fogo subterrâneo (Carroll, 2022). Rodeada por uma tira de água (Michael, 2018) sobre a qual uma névoa brilhante sugere a difusão da luz através do vapor de água que se evapora[202]. A superfície terrestre[203] é representada com todos os seus acidentes e habitada, quer por árvores solitárias, quer por arvoredos (Fischer, 2021), espinhos e cardos[204] (Carroll, 2022). No lado esquerdo formas ocas mimetizam frutos com espinhos, associadas à fertilidade e sexualidade (Fischer, 2021).

O painel exterior de GHD é um indicador da ambição de Boch em representar a cosmogonia incluindo a variável temporal.

> Monochrome will give way to polychrome. Sparseness will give way to profusion. Somberness will give way to resplendence. But no one viewing this panel for the first time could anticipate the spectacle that would unfold in the triptych's open view (Carroll, 2022, p.49).

202 Filósofos naturalistas justificavam este efeito pelo aquecimento da água quer pelos raios solares quer pelo fogo subterrâneo (Carroll, 2022).

203 Os elementos da paisagem não são imunes à disputa científica e teológica dos eventos retratados (Carroll, 2022).

204 A narrativa bíblica refere que os espinhos e os cardos apenas foram criados quando Adão foi condenado por Deus (Génesis 3:18), por outro lado o Santo Agostinho defendia que todas as espécies terão sido criadas ao terceiro dia (Carroll, 2022).

1.10.1.1 Paradise

O interior do tríptico é constituído por três painéis, *Paradise*[205], o painel interior esquerdo; *Garden*[206], painel central, e *The Apocalypse*[207] o painel interior direito.

A progressão temporal da história da Terra é ilustrada pela sequência espacial das paisagens a sua transformação e pela representação de acidentes topográficos. As montanhas elevam-se, uma erupção vulcânica é sugerida, cavernas de onde saem bandos em vórtice sugerem correntes de ar. A composição é luminosa e a vida luxuriante de flora e fauna naturais[208] e imaginadas [209].

Ao fundo miraculosamente a fonte, alinhada verticalmente com o eixo de Cristo, e partilha a cor das suas vestes (Fischer, 2011), marca uma nova fase na história da Terra e ilustra a passagem textual da Bíblia "*sed fons ascendebat* e terra *inrigans universam superficiem terrae*[210]". A água que brota da fonte, origem dos rios do Paraíso (Fischer, 2011), cai numa bacia irregular, povoada por patos, graças e grous (Carroll, 2022), corre pela Terra.

A sua arquitetura orgânica é uma ode à natureza (Vandenbroeck, 1989 as cited in Ficher, 2021), a sua forma difere da arquitetura convencional para esta representação (Carroll, 2022), e parece ser construído num material calcário cor-de-rosa com rebentos dos quais saem folhas, vagens e botões, constituindo outra inovação em Bosch. As pedras preciosas[211] na base da fonte, geradas no interior da Terra por forças geológicas, testemunham bondade e pureza (Figura 49) (Fischer, 2021). A sua base tem a forma de um disco convexo com um buraco no meio onde habita uma coruja. Fischer e outros historiadores de Bosch concordam em considerar a sua presença como uma referência ao mal em potência, devido às tradicionais conotações negativas

205 Segundo Fisher Paradise and the Creation of Eve (Fischer, 2021)

206 The Humankind before the Flood (Fischer, 2021)

207 Hell (Fischer, 2021)

208 No centro do painel observamos um pomar com frutos coloridos e folhas brilhantes, uma árvore dragão, Draecena draco, e uma videira cresce no seu tronco. No lado oposto uma tamareira, de onde se crê ter sido utilizada na cruz de Cristo, sugere crescimento sazonal, estas últimas estão em concordância com a narrativa do manuscrito Liber chronicarum.

209 As árvores cresceram, germinaram (deste o estado representado no painel exterior) e dão fruto.

210 Mas da terra saía uma fonte de água (tradução livre)

211 Onyx, rubis e tubos de cristal (Carroll, 2022)

associadas à coruja — cegueira espiritual, maldade, pecado, tentação e sedução. Contudo a dúvida surge se considerarmos a erudição de Bosch e que a iconografia é sintática (*cf.* p. 54).

A fonte simboliza o início do tempo Histórico (Carroll, 2022).



Figura 49— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Paradise—Fountain—, Madrid, Museo Nacional del Prado*

A paisagem é habitada por leões, ursos, javalis, coelhos, dragões, e outras espécies de enumeração irrealizável, no seu habitat. Entre os animais terrestres Bosch incluiu uma girafa (Figura 50) africana inspirado nos desenhos e impressões contemporâneas[212], estas são raras na pintura do século XV sendo, portanto, o seu significado neste contexto impreciso; um elefante, símbolo da força, inteligência frugalidade, castidade e moderação (Fischer, 2021) e um macaco. Contrariamente Vandenbroeck, não considera existir qualquer significado associado a cada uma das espécies pintadas por Bosch, justificando a sua afirmação com a impossibilidade de identificar alguns animais. Neste contexto De Bruyn questiona: "do we still see what there was once to be seen?" (De Bruyn, 2001)

Entre os animais *impossíveis*[213], estranhos, mas belos (Carroll, 2022) Bosch elege o unicórnio, uma graça com três cabeças, um peixe com asas. Ao contextualizarmos este dilema na afirmação do poeta do séc. XIII, Jacob van Maerlant, "first human couple lived together with all animals in Paradise, where, before the Fall, they had nothing to fear of them", independentemente do significado retiramos qualquer ameaça para a humanidade nas espécies representadas.

212 Gravura girafa, c.1490, Sigismondo Tizio, Biblioteca Apostólica Vaticano

213 Der naturen bloeme, Jacob van Maerlent https://galerij.kb.nl/kb.html#/nl/dernaturenbloeme/page/84/zoom/2/lat/-48.69096039092549/lng/-18.28125



Figura 50— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Paradise—Giraffe—, Madrid, Museo Nacional del Prado*

A tríade Cristo, Adão e Eva são atores numa narrativa singular em que o tempo se estreita. Adão, contemplativo e já acordado está perante Eva, que parece flutuar no lado esquerdo de Cristo, criada a partir da sua costela. As suas posições relativas são considerações sobre as suas naturezas primordiais[214]. Bosch decide também alterar a figura de Deus e representa-o na figura de Cristo e olha ligeiramente Eva, como que, atribuindo-lhe maior honra (Figura 51).

> Woman was created as much superior to men as the name she received is superior to his. For Adam means earth, but Eve is translated as life. And as far as life is to be ranked above earth, so far is woman to be ranked above man (Agrippa, n.d., as cited Carroll, 2022).

214 No lado de Adão são representados animais que simbolizam o princípio masculino: animais com chifres, patos e aves com bicos longos (Fischer, 2021)

A composição hierárquica destas figuras não reúne consenso entre os historiadores de Bosch. Numa narrativa mais comum entre os artistas dos Países Baixos contemporâneos de Bosch, Adão está sentado numa colina, como que num trono natural, à direita de Cristo, e os seus pés tocam os pés de Cristo, seu criador. À esquerda de Cristo, hierarquicamente inferior, encontra-se Eva.

Reinder Falkenburg sugere que a pintura interage com as experiências visuais, religiosas (Michael, 2018) e culturais do observador exigindo-lhe a sua imaginação na procura de entendimento e sentido. Contudo, ao decifrar a obra devemos ter em conta o compromisso de Bosch com as iluminuras, evidente no modo como pinta as figuras de Adão e Eva.

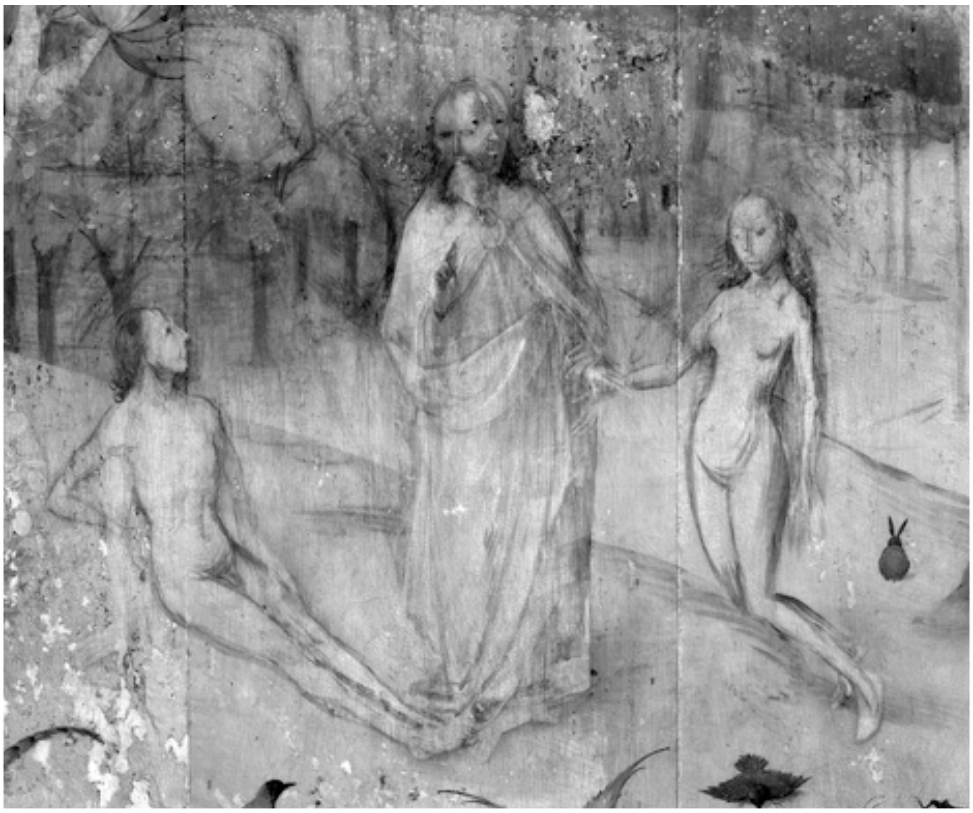


Figura 51— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Refletografia Infravermelha Paradise Panel, Madrid, Museo Nacional del Prado*

©Photographic Archive Museo Nacional del Prado



Figura 52— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Paradise, Madrid, Museo Nacional del Prado*

Considerando dimensão escatológica do pensamento de Bosch que legitima a sua visão ética (Vandenbroeck, 2015), a sua convicção de que a salvação é uma possibilidade custosa, que os problemas da Humanidade começaram com a origem do mal (Silver, 2009) e que a ideia de

pecado enlaça os três painéis (Silva, 2016), porque: ”Sexuality, and hence seduction, sin, and delusion, are inherent to matter and thus to nature” (Vandenbroeck, 2015), é pertinente questionar onde está, no painel interior esquerdo, representado o infortúnio?

Bosch representa o mal através da forma amorfa do afloramento rochoso representado à direita no painel, a conotação negativa é reforçada pela presença de anfíbios que rastejam nas imediações. Em oposição, na fonte é representado o pavão considerado antagonista da serpente. No cimo da formação rochosa a tamareira simboliza, pela ressurreição de Cristo, a libertação da Humanidade (Fischer, 2021). Silver mantém a ideia de ausência de representação literal dos anjos caídos, na obra, contudo associa-os à presença, no primeiro plano, de um poço escuro onde habitam híbridos: Unicórnio-cavalo marinho; um peixe voador e uma garça de três cabeças e ao anfíbio de três cabeças que rasteja no lago onde se encontra a fonte do Paraíso (Silver, 2009).

Assumindo a correção desta interpretação concluímos que o mal está presente, embora não nomeado e apenas representado nas margens (Michael, 2018). A morte é também representada no painel esquerdo, um leão devora um antílope, um gato transporta nas mandibulas um rato e um Pássaro-monstro deglute um sapo. Falkenburg defende que a dissimilitude[215] destes animais, em relação à criação de Deus, representa a reescrita da Natureza pelo Anjo expulso do céu (Michael, 2018). Por inferência a dissimilitude será a extremidade da humanidade ao não observar as virtudes cristãs.

215 A deformidade na Idade Média era um sinal do mal que segundo S. Tomás de Aquinoé a privação da forma, ordemou medida (Waadenoijen,).



Figura 53 — *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Paradise—Afloramento rochoso—, Madrid, Museo Nacional del Prado*

1.10.1.2 Garden

Bosch transporta, para o painel central do tríptico, a ambição de pintar o pulsar e a interminável metamorfose da Terra desde o instante da criação.

A composição está organizada em camadas, o ponto de vista é elevado e contém um eixo central, intercessão de duas diagonais com origem nos cantos inferiores da tela e que continuam divergentemente para os cantos superiores opostos, pontuado por uma fonte (Carroll, 2022). A paisagem tripartida do painel central representa a deformação da alma que implica uma hierarquia. Na parte superior do painel Bosch representa a anima vegetativa, a alma das plantas responsáveis pelo crescimento e nutrição; no meio anima sensitiva, a alma dos animais incumbidos pela reprodução e movimento. Estas duas áreas coexistem sobrepostas: "Nature passes so gradually from the inanimate to the animate that their continuity renders the boundary between them indistinguishable (…). And the transition from plants to animals is continuous" (Lovejoy, 1933 as cited in Carrol, 2022) e, podem ser combinadas na ideia de corpo por oposição à mente. O primeiro plano ilustra a *anima rationalis*, neste razão subjacente à decisão podem conduzir à metamorfose para estados de alma inferiores.



Figura 54— *Detalhe Fra Mauro mappae, c.1459, Biblioteca Marciana, Veneza*

Na parte superior estão representados quatro rios: "*et fluvius egrediebatur de loco voluptatis ad inrigandum paradisum qui inde dividitur in quattuor capita*[216]" (Genesis: 2:10). Bosch explorou criativamente os *mappae mundi* medievais que seguiam este padrão representativo[217] e manuscritos textuais em que defendiam que as águas do Paraíso corriam subterraneamente antes de emergirem para formarem um lago de onde quatro rios originam os seus cursos (Carroll, 2022).

A fonte e os quatro rios sugerem a possibilidade de o local representado se tratar do Paraíso na Terra (Michael, 2018), onde a humanidade se poderia entregar à felicidade e aos prazeres sensuais até ao cessar do tempo (Vandenbroeck, 2015).

Neste painel, a fonte azul de mármore e brilho metálico[218] (Figura 56) é mais esguia, comparando com a fonte do painel *Paradise,* e apresenta fendas que fazem lembrar as veias num humano, uma referência a textos medievais ancestrais: "We must believe that the great artist, Nature, as so arranged it,…, the earth opens her harbors, while Water pervades the whole earth, within, without, and above its veins running in all directions…" (Pliny, n.d as cited in Carroll, 2022).

Contudo a refletografia infravermelha permite-nos ver um sub-desenho (Figura 57) de forma quase-vegetal, com folhas e em forma de cálice que foi substituída pela esfera azul com abertura em arco. As colunas tomaram o lugar do eixo com folhas.

216 Deste lugar de delícias saia um rio, que regava o paraíso e que dali se repartia em quatro braços... Fison (onde nasce o ouro); Geon; Tigre e Eufrates (tradução livre)

217 Fra Mauro representa os rios a emergir numa paisagem rudimentar (Carroll, 2022).

218 Também aqui Bosch explorou as propriedades refletivas da tinta a óleo (Carroll, 2022).



Figura 55— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, detalhe Garden Panel, Madrid, Museo Nacional del Prado*



Figura 56—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, detalhe Garden Panel, Madrid, Museo Nacional del Prado*

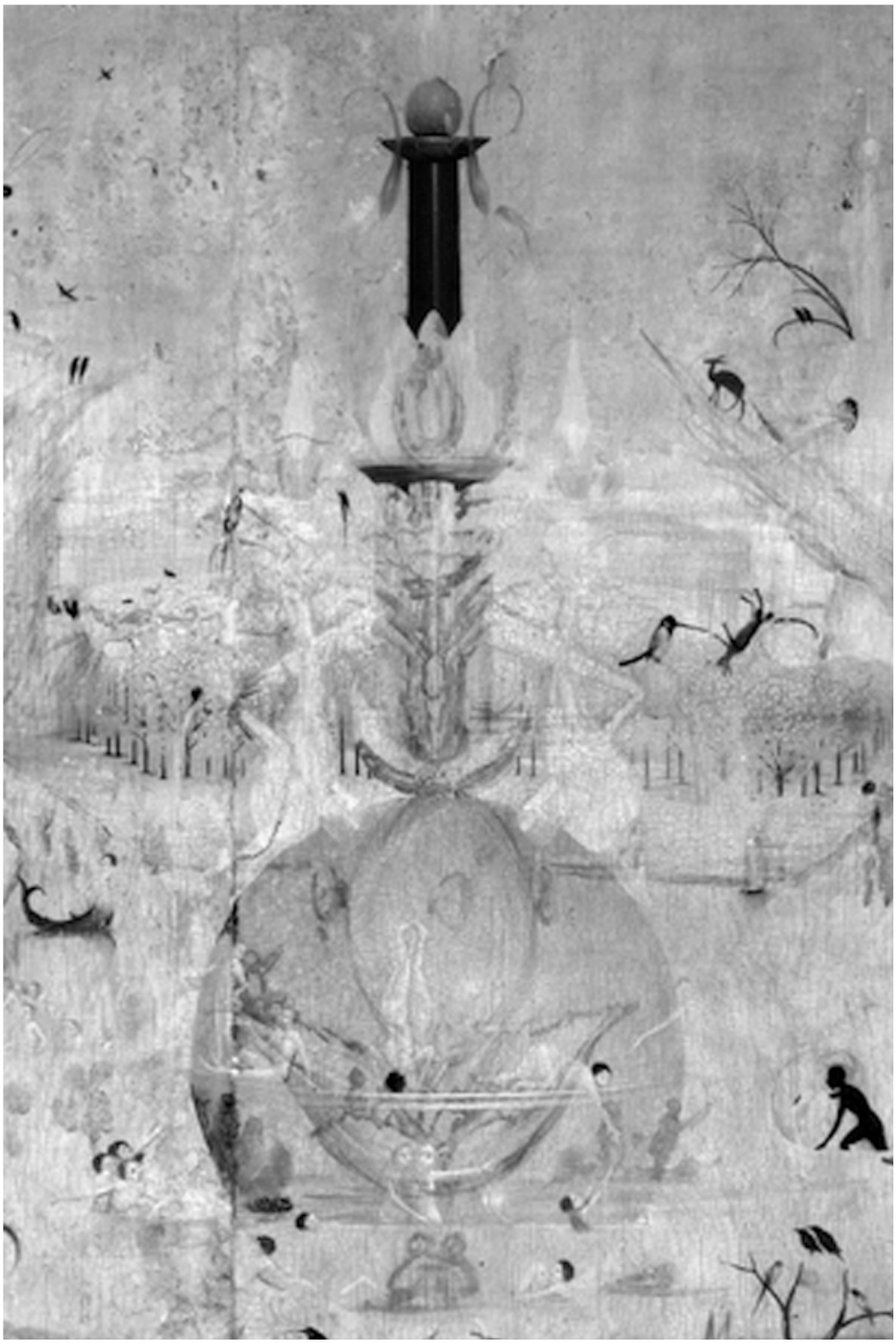


Figura 57—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe— Fountain— Refletografia Infravermelha Garden Panel, Madrid, Museo Nacional del Prado ©Photographic Archive Museo Nacional del Prado*

A cada rio está atribuída uma fonte, nos seus pináculos figuras humanas, desenhadas com uma pincelada líquida arriscam acrobacias elaboradas (Figura 58).

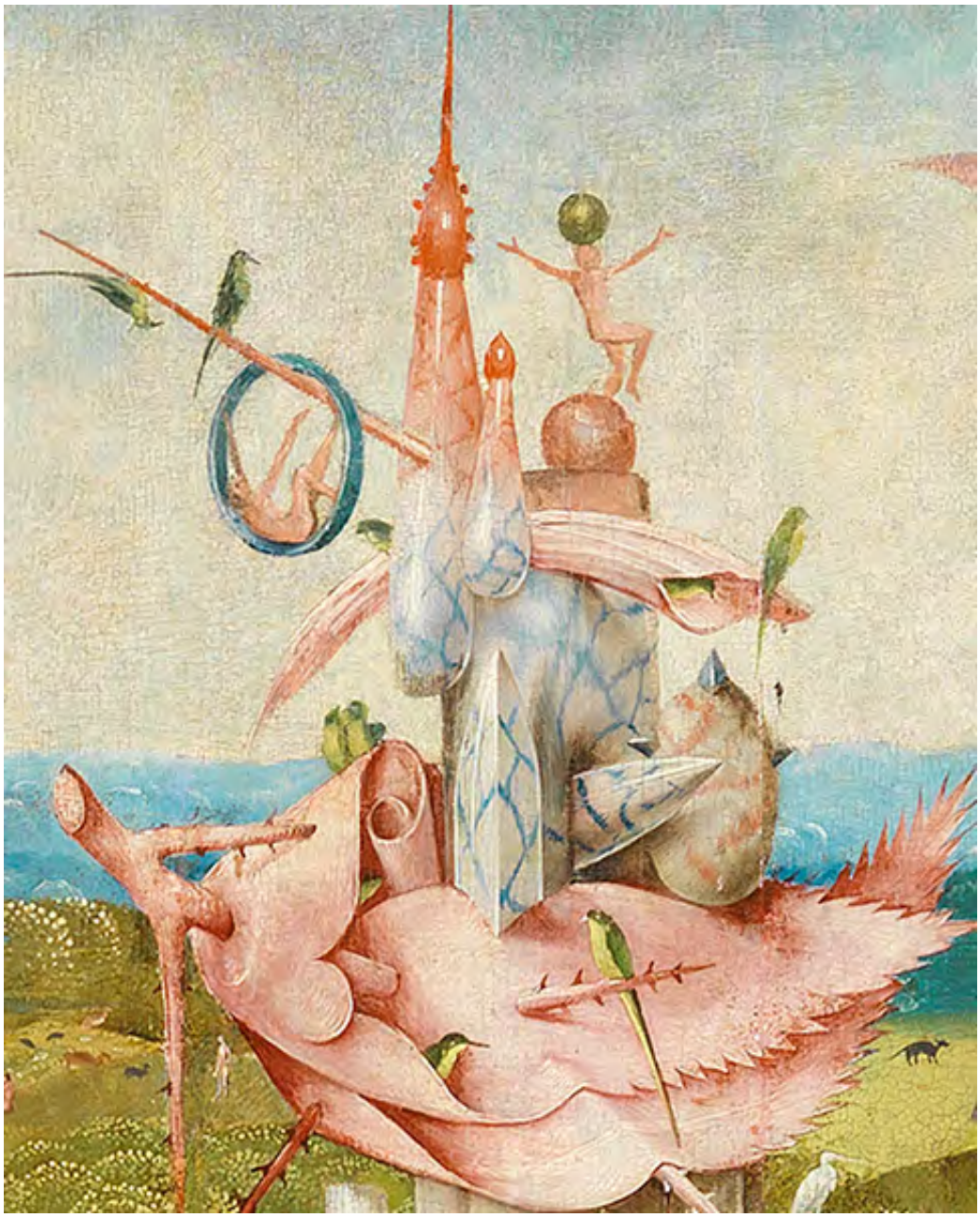


Figura 58— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Garden, Madrid, Museo Nacional del Prado*

Mais abaixo, na parte intermédia, no mesmo eixo vertical, uma piscina circular, onde mulheres de pele branca e escura se banham (Fisher, 2021), repete a forma elíptica da superfície terrena, representada no exterior do tríptico (Carroll, 2022). Esta forma é recuperada no movimento circular[219] interminável, de cavaleiros de grande perícia, ao redor do lago: "fools of Venus, blinded and whipeped by their desire for love" (Fisher, 2021). Para alguns investigadores da obra de Bosch, entre os quais Fisher, os animais— javali, unicórnio, burro, urso, bode, touro, o dromedário ou camelo, o leão e a pantera —podem estar associados aos vícios da *luxuria, gula, avaratia, ira, superbia*.

Em Bosch os homens e os animais nutrem uma relação singular — homens alimentados por animais e montam, em formação ordenada, animais selvagens[220]—e de proximidade— no caso do homem a abraçar a coruja (Figura 59) (Carroll, 2022).

> While the world was engendering creatures under the governance of God, the evil in it was small and the good was great … but after the separation, when the world was let go, at first all proceeded well enough; but, as time went there was more and more forgetting, and the old discord again held sway and burst forth (Platão, 360 B.C.E).

No *Garden* a coruja é exibida duas vezes, a primeira, no extremo esquerdo a coruja é abraçada por um homem (Figura 59) e (Figura 60), a segunda à direita, está sobre um ovo que deixa visível apenas as pernas do par que o suporta (Figura 60). Aqui a coruja olha diretamente para nós (Carroll, 2022) fazendo-nos sentir observados.

O habitat natural das espécies alterado neste painel e as proporções naturais entre homens, animais, frutos e objetos foram modificadas por Bosch, que utiliza a correlação tamanho *versus* importância para decidir a composição (Fischer, 2021).

O terceiro plano, próximo do observador, a *Wheel of senses* (Michael, 2018) (Figura 61), no lado esquerdo inferior do painel central, é constituída por cinco formas ocas organizadas num

219 Vandenbroeck interpreta associa este movimento a ritos de fertilidade (Fischer, 2021)

220 A cavalgada inclui homens montados em ursos, javalis, um leão e até um grifo, lendário pela sua ferocidade. Só após o diluvio os animais começaram a predar os humanos (Carroll, 2022)

círculo irregular. Um homem sentado na esfera oca azul é alimentado por um pato[221], à esquerda um globo cor-de-rosa e a sugestão de um beijo[222], mais acima uma forma dupla, similar ao contorno do olho humano, e um casal na cápsula transparente[223]. Diagonalmente, a água uma forma de fruta oca e avermelhada acolhe um casal que contempla a água. O quinto ponto, neste movimento circular imaginado, uma forma oca branca com cardos, devolve o nosso olhar ao início. A amplitude das representações e expressões neste círculo contem similaridades na expressão sonâmbula e amigável dos homens e mulheres que comem fruta, divertem-se e entreolham-se. O reconhecimento dos sentidos nesta organização implica o entendimento de toda a obra (Michael, 2018).

221 O sentido do paladar.

222 O sentido do toque é sugerido pela subtil posição da mão junto do rosto e pelo homem que segura o ramo com espinhos.

223 Representação do sentido da visão, a figura masculina fixa o seu olhar na figura feminina numa tentativa de a capturar enquanto uma luz, a única fonte de luz em toda a obra, da flor se projeta no fruto. A luz assume a dualidade: luz divina apenas capturada na mente e a luz exterior onde se encontram as formas humanas (Michael, 2018). Existe ainda um paralelismo anatómico com as representações da descrição do sistema visual de Ibn al-Haytham's , publicado entre 418 A.H. (Anno Hegirae) e 429 A.H.



Figura 59— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Garden —left owl—, Madrid, Museo Nacional del Prado*

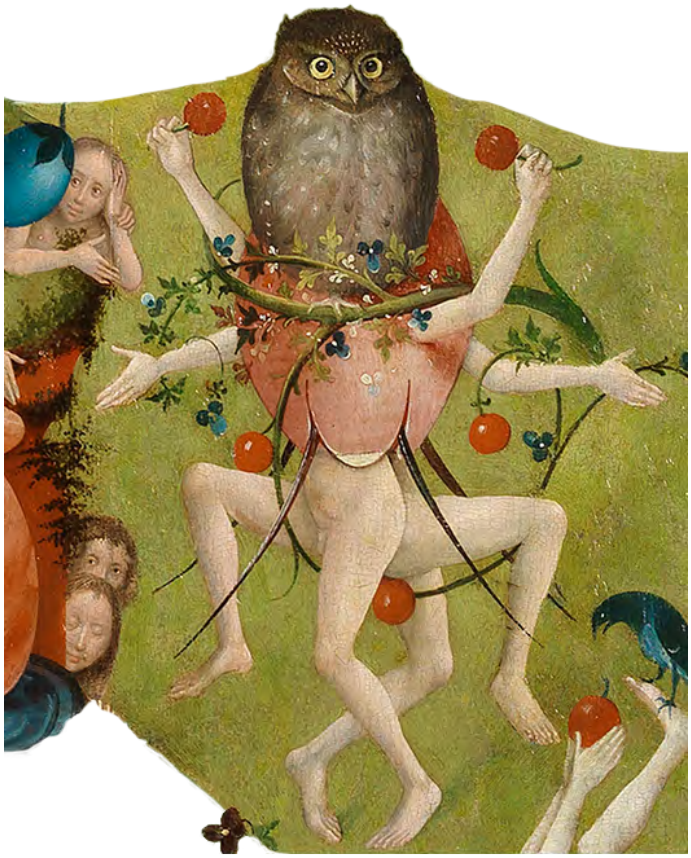


Figura 60— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Garden —right owl—, Madrid, Museo Nacional del Prado*



Figura 61- *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Garden (A Wheel of Senses), Madrid, Museo Nacional del Prado*

O pato que alimenta o homem e representa o sentido do paladar (Figura 62Figura 62— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Garden—sense of taste—, Madrid, Museo Nacional del Prado*), é suportado por duas figuras, com cabeças subtraídas[224] e que apoiam o corpo nas mãos. Contudo, contam-se apenas cinco braços e mãos e a localização dos membros superiores é incerta. O pé esquerdo da figura mais próxima do observador toca o pato como, no painel *Paradise*, o pé esquerdo de Adão toca o manto de Cristo. A metamorfose das figuras é justificada, segundo Michael, pela perda da perspetiva divina que os condenou a uma existência *anima vegetativa*[225] e *anima sensitiva*[226].

O toque é o sentido mais direto, por este motivo Bosch representa-o mais perto do observador.

Segundo Michael, Bosch no movimento do perigo, permite a visualização dos sentidos de acordo com o critério do perigo sensual, que acontece saboreando, o método implica o morango[227]. O significado do morango não se esgota na ideia de luxúria. Na esfera seguinte, assume a função de fonte de luz.

224 No caso da figura mais à direita a substituição parece ter sido por uma casca de ovo, na segunda figura a cabeça é substituída por uma espécie de flor-fruto (Michael, 2018).

225 Alma vegetal.

226 Alma dos animais, que tem vontade, mas não a razão, i.e., anima rationalis.

227 Ao lado do qual a víbora se esconde (Michael,2018)



Figura 62— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Garden—sense of taste—, Madrid, Museo Nacional del Prado*

Um jardim, abundantes frutos mediterrâneos, prados, florestas, uma fonte, pássaros e os seus cantos imaginados, flores, a brisa e as suas fragâncias[228], incontáveis jovens nus que partilham as características anatómicas das figuras de Adão e Eva, representados no painel interior

228 Nas décadas finais do sec. XV são vários os manuscritos que elaboram sobre o Paraíso: Roman de la Rose; The Garden of Love; The Fountain of Youth; The Realm of Nature (Michael, 2018)

esquerdo, absorvidos nas suas atividades habitam a paisagem "in expressive mobility and exhilarating energy" (Carroll, 2022). É evidente a progressiva transformação da superfície terrena desde a representação dos painéis exteriores até ao painel Garden atravessando o painel interior esquerdo Paradise. Os frutos multiplicam-se, são de grande dimensão, maiores dos que existem no momento presente e incluem para além da uvas, morangos e amoras, frutos irreconhecíveis (Figura 63) entre os quais um fruto cor-de-rosa flutuante em forma de ameixa, com uma abertura onde podemos ver um grou branco e um jovem casal (Figura 64) (Carroll, 2022), ou o fruto[229] cor-de-rosa de onde brota uma flor, segundo Carroll, um cardo que contém uma esfera e no seu interior um casal. Ele vira a cabeça para beijar o seu amor enquanto toca levemente na sua barriga, ela devolve-lhe o toque suave na coxa.

As manifestações claras de afeto entre alguns casais[230] fazem eco da *Golden Age*, de Platão, descrita no *Roman de la rose*: "... the love was loyal and true, free from covetousness and rapine... enjoyed the games of love embraced and kissed each other, free from greed and rapaciousness…" *(Meun, c. 1500 as cited Carroll, 2022)*. Da diversidade de representação do comportamento amoroso humano infere-se que Bosch interpela-nos sobre o que representa ser humano? "The viewer of Bosch's paintings beholds himself in the mirror of his soul" (Büttner, 2015) e, como Aristoteles defende o prazer embora não condenável deve ser regulado pela razão.

229 Segundo Carroll poderá ser a representação de Bosch da ideia de um ananás (Carroll, 2022)

230 Bosch, não exclui o amor homoerótico que é celebrado na literatura medieval, e circa 1550 celebrado nas edições de Platão, que circulavam em Itália e Europa do Norte, como mais elevado que o amor heterossexual, apesar da longa tradição contra esta prática justificada na impossibilidade de gerar descendência (Carroll, 2022).



Figura 63—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Garden Unknown Fruit, Madrid, Museo Nacional del Prado*



Figura 64—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Garden Floating Fruit, Madrid, Museo Nacional del Prado*

1.10.1.3 The Apocalypse

In the portrayal (...) and terrifying dream worlds (…) Bosch was unique and divine.

—Giovanni Lomazzo

O painel direito do tríptico, onde Bosch pinta a destruição da terra pelo fogo[231], representa o fim do arco narrativo da obra *The Garden of Earthly Delights* (Carroll, 2022). A composição neste painel em que Bosch evoca o peso destes eventos catastróficos pela utilização inteligente e talentosa da tinta a óleo, perde a sua simetria e transforma-se em caos (Fischer, 2021), cor, luz e escala são dissonantes dos painéis à esquerda (Carroll, 2022). A terra em senescência transporta o observador para outro universo: o céu tenebroso, que repete a cor dos painéis exteriores evocando novamente o caos, envolve a terra que, em desassossego, explode libertando chamas, cinzas e fumo[232] (Figura 65).

231 A Europa Cristã em 1500, estava atemorizada com a ideia do fim do Mundo. Muitos artistas, tal como Albercht Drürer em Seven Angels with Seven Trumpets, c.1497, (Metropolitan Museum of Art, New York. The George Khuner Collection), livros, imagens impressas, retratavam estes medos (Carroll, 2022).

232 A verosimilhança desta composição naturalmente terá sido beneficiada pela experiência de Bosch da guerra entre os duques de Guelders e os duques de Brabantes (Carroll, 2022).



Figura 65—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Apocalypse —Fire—, Madrid, Museo Nacional del Prado*

O céu, "*the breath of the earth*" (Apocalipse 9:20) escurece, torna-se pesado "(...) os céus se desfarão como o fumo (...)" (Isaías 51:6) e "(...) os elementos com o ardor do fogo se fundirão (...)" (2 Pedro 3:12), em oposição à fecundidade dos prados verdes, e à água que brota da fonte nos painéis *Paradise* e *Garden*. As formas de vida da natureza dão lugar a produtos da civilização: construções arquitetónicas, mobiliário[233], artefactos bélicos[234], objetos lúdicos e instrumentos musicais. As cartas, dados, jogos, e moedas estabelecem nexo com as tavernas[235] sombrias e os bordeis[236] favoráveis aos pecados da *luxuria, vanitas, ira, gula,* da adição ao jogo e à bebida (Fischer, 2021). Os resultados da opção individual são inequivocamente ilustrados cumprindo uma função pedagógica: o cavaleiro armado (Figura 68) com o cálice dourado[237] na sua mão

233 Entre estes ma mesa, uma cama, um espelho, chave, lanterna, facas ... (Carroll, 2022)

234 Entre os quais escudos, capacetes, lanças, armaduras... (Carroll, 2022)

235 O jogo e a bebida juntos potenciam a sobrexcitação (Fischer, 2021), disputas e explosões de caráter.

236 No final do séc. XV as restrições à prostituição aumentavam na mesma medida que a importância do casamento institucionalizado (Fischer, 2021)

237 Perto do cálice Bosch representa uma partícula luminosa que segundo interpretada como sendo uma hóstia por Michael.

esquerda, enquanto a sua mão direita segura a sua bandeira adornada com um sapo, é devorado por cães répteis verdes e cinzentos, consequência da sua *superbia* (Michael, 2018). No primeiro plano um homem encostado por um demónio a uma mesa caída, tem a mão trespassada por um punhal ilustrando o sistema da idade média de punição corporal infligida na parte do corpo que responsável pelo crime (Fischer, 2021).



Figura 66—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Apocalypse —Musical Instruments—, Madrid, Museo Nacional del Prado*

Bosch representa com precisão um alaúde, uma lira e uma sanfona (**Error! Reference source not found.**), revelando quer o seu interesse quer o conhecimento que possuía, naturalmente favorecido por ser irmão jurado da irmandade *Illustre Lieve Vrouwe Broederschap*. Contudo os instrumentos não estão a ser tocados por homens, mas são utilizados como instrumentos de tortura. Nas cordas da lira um homem na posição de Cristo Crucificado é mordido por uma serpente (Carroll, 2022). Estas ligações ressoam a ideia: "*one sin leads to another"* (Fischer, 2021) aconselhando "control the untamed appetite for food and drink, and you will more easily control all body desires" (Kempis, c.1380-1471 as cited in Fischer 2021). A roda dos sentidos (Figura 61) do painel *Garden* desintegram-se nos pecados mortais (Michael, 2018).

Os homens já não são alimentados pelas aves, mas, inúteis são deglutidos pelo *Birdman*, um demónio de cabeça azul encimada por um caldeirão ilustrando o seu ameaçador apetite (Fischer, 2021), e por ele expelidos (Figura 67). Esta produção criativa de Bosch encontra paralelo na narrativa textual *Vision of Tundale:*

> Soon, they come upon a hideous creature that filled Tundale with terror (…) The beast sat in the middle of a frozen lake swallowing terrified souls which burned inside its body until (…) they were expelled from this horror in the creature's excrement (…) But they were not delivered from this pain, the cycle was renewed and they had to endure it again and again (Marcus, c.1149 as cited in Fischer, 2021).

No plano superior homens invertidos, são engolidos pela água. A humanidade envelheceu e os corpos, mais magros e escuros, são escoltados por exércitos ou estão isolados em sofrimento esfaqueados ou desmembrados (Figura 69) (Figura 70). As suas expressões de lamento são uma premonição do que pode acontecer agora. A obra de Bosch, pontuada pelo medo da ruína material e espiritual, comum no seu círculo cultural (Vandenbroeck, 2015), enfatiza a necessidade de moderação e frugalidade permanente: "Sexuality, and hence seduction, sin, and delusion, are inherent to matter and thus to nature" (Vandenbroeck, 2015). Tal como a criação foi um ato de vontade de Deus, a queda dos anjos rebeldes foi uma decisão (Silver, 2009), o painel *Apocalypse*

produzido no contexto místico e humanista do final da idade média, apresenta-nos a possibilidade da escolha individual.



Figura 67— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Apocalypse —Birdman—, Madrid, Museo Nacional del Prado*



Figura 68— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Apocalypse —Armed Knight—, Madrid, Museo Nacional del Prado*



Figura 69—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Corporal Punishment — Garden, Madrid, Museo Nacional del Prado*



Figura 70— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Human Suffering — Garden, Madrid, Museo Nacional del Prado*



Figura 71— *Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Butterfly — Garden, Madrid, Museo Nacional del Prado*



Figura 72—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Moth— Apocalypse, Madrid, Museo Nacional del Prado*

As asas da borboleta (Figura 71) que colhe o néctar no painel de uma flor de cardo azul transforma-se nas asas de uma mariposa (Figura 72) nas costas de um torturador (Carroll, 2022). Os coelhos reaparecem como caçadores. Os cavaleiros marinhos do *Paradise* e *Garden* são agora cavaleiros demoníacos. Os sapos deixaram os lagos, que se transformaram em fossas e rios de gelo, e assombram os humanos torturando-os (Carroll, 2022). As montanhas e torres que assumem novas formas[238] : (...) *these fabulous rock formations,* (...) (Falkenburg, 2011 as citted in Caroll, 2022) convidam o observador da obra a pensar sobre o ciclo das coisas em todas as suas formas. No mesmo alinhamento horizontal e verticalmente simétrica, a estrutura rochosa identificada no painel *Paradise* como presságio do infortúnio, repete-se no painel *Apocalypse* agora assumindo a forma de uma igreja[239] em ruínas (Figura 73).

238 Imaginative-projective perception, (…) things seen (…) and things to see (…) (Carroll, 2022).

239 Note-se a presença do sino, das chaves e dos hábitos clericais e trono papal. As relações tensas entre o papa Alexandre VI, considerado um abismo de vício (Carroll, 2022), e Filipe o Justo e Maximiliano podem justificar a alusão de Bosch a símbolos católicos. De modo similar a crítica à atuação papal é expressa, no triptico The Haywain c. 1510-1515, pela aproximação da fisionomia da figura, de capa rubea, que segue atrás do carro de feno ao rosto do papa. Esta critica é comum na produção artística contemporânea de Bosch. Simon Marmion, The Torment of Unchaste Priests and Nuns, c.1474 (The Vision of Tundale for Margaret of York, Los Angeles, The J. Paul Getty Museum at the Getty Center, Ms. 30, fol. 24v)

"On every side of monastic piety grows cold, languishes, and disappears because the monks grow old and grey in the letter of the Scriptures rather than maturing to spiritual understanding." (Erasmus, 1503 as cited in Carroll, 2022).



Figura 73—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Cavernous Church— Apocalypse, Madrid, Museo Nacional del Prado*

1.10.2 Novo olhar sobre The Garden of Earthly Delights—CRISPR

When people see in a painting any monstrosities they attribute them to Hieronymus Bosch, and thus make him the inventor of monsters[240] and chimeras.

— Felipe de Guevara

Is it possible to have "too many" mutations? What about "too few"? While mutations are necessary for evolution, they can damage existing adaptations as well.

—Laurence Loewe

Pela construção de coisas impossíveis poetas e pintores, pensam para além da consistência do nosso sentido de realidade (Koerner, 2004). Esta afirmação pode hoje ser reescrita acrescentado poetas, pintores e cientistas, mantendo a sua unidade lógica.

Especular possibilidades de futuro, numa perspetiva de pensamento atual, que a tecnologia CRISPR-Cas9 nos permite explorar especulativamente, em assimetria temporal com a obra GHD, de HB, é o exercício que propomos[241] realizar e que está, na sua versão final, publicado em formato digital no endereço *https://anaprosas.myportfolio.com/work*.

Interessados em pensar a realidade supondo uma relação entre a obra GHD e a tecnologia CRISPR, começamos por identificar as representações pictóricas na obra que ilustram fenótipos que, teoricamente, poderão ser intencionalmente desenhados com as letras do ADN[242]— point mutations ou nonsynonymous mutations[243].

A garça de três cabeças, no painel interior esquerdo *Paradise,* ilustra alterações com paralelismo na alteração de morfogenos durante o desenvolvimento que podem gerar a duplicação, aleatória[244], do eixo dorsoventral de um embrião (Figura 83). O peixe, na parte inferior

240 Bosch pinta os monstros como organismos (Koerner, 2004)

241 As distancias psicológica, cultural, histórica cientifica e artística não serão integradas de modo explícito nesta representação..

242 Este estudo não inclui considerações sobre o benefício/ desfavorecimento da mutação para o organismo.

243 Implicam a mutação de uma sequência de um aminoácido que conduzem a produção de outras proteínas ou o seu término prematuro. (Nature Education, 2014)

244Mudanças benéficas de DNA não acontecem com mais frequência porque um organismo poderia se beneficiar delas.

do painel central, *The Garden,* (Figura 82) apresenta mutações em leptin[245]associada à etiologia da obesidade e ao comprimento do corpo.

> Leptin, a blood-transported hormone secreted by adipocytes, circulates through blood–brain barrier (BBB) into the brain and binds to its receptor (LepR), which has been known to play a negative role in appetite control. Leptin is encoded by *obese* (*ob*) gene, which is highly conserved and shares extensive homology between species (Audira et. al., 2018).

Quando comparados, com peixes wild type (wt), ambos os géneros apresentam quer peso quer comprimento significativamente maior. As desregulações de neurotransmissores[246] no cérebro do peixe alteram o seu comportamento (Audira et. al., 2018). A serotonina, que está associada à regulação do apetite, apresenta níveis inferiores em comparação com o peixe wt. Estes resultados são consistentes com estudos de indução de depressão e aumento significativo do apetite, em vertebrados superiores, quando os níveis de serotonina são reduzidos. A presença simultânea de níveis elevados de dopamina, que desempenha um papel no controle do sistema de supressão de alimentação, pode desencadear sinais de desejos alimentares, superiores aos necessários e consequentemente aumento de peso. Os níveis de norepinefrina, a hormona que controla a mobilização entre o cérebro e os músculos, também baixos, expressam redução de níveis de agressividade e comportamento de evasão predatória, depressão e baixa motivação. Observações de peixes-zebra que apresentam níveis deficitários de leptina permitiram concluir que estes apresentam também danos oxidativos no cérebro, redução de níveis de preferência da cor e desregulação do ritmo circadiano (Audira et. al., 2018).

> Circadian rhythms are thought to allow plants to adapt to the cycles of daylight caused by the rotation of the planet. Circadian rhythms are daily rhythms of biological activity with a period of about 24 h that are able to persist in the absence of external cues and so

245 A leptina é uma hormona sintetizada nos adipócitos e codificada pelo gene ob (Batista, 2002). Leptin is a molecular link between fat and the brain (Audira et. al., 2018).

246 Serotonina, norepinefrina, glicina, dopamina, histamina, acetilcolina e melatonina (Audira et. al., 2018).

allow anticipation of regular environmental alterations, such as the dawn/dusk cycle (Dodd et.al, 2015).

O CRISPR-Cas9 também foi aplicado com sucesso em muitas espécies de plantas tais como a *Arabidopsis* (Figura 84). The introduced mutations are inherited by the next generation of plants, indicating that plant genome editing can be used for plant research and the production of useful plants (Wada et.al., 2020). O ritmo circadiano permite a antecipação dos períodos luz/escuridão e também a adaptação de plantas às estações do ano através da modulação dos genes e expressão de proteínas. Na Natureza a performance da planta é otimizada por alterações no ambiente. A exploração conceptual da ideia de crescimento e adaptação imprime movimento na obra. Tornar esta ideia visível implicou investigação da cor na Natureza. Sabendo que o coral obtém cor através de *eukaryotic chromoproteins* (CPs) e que todos os CP genes com exceção do amilGFP e amilCP, foram otimizados, sintetizados e disponibilizados em plataformas comerciais BioBrick [247] (Figura 74).

247 http://parts.igem.org/Part:BBa_K592012

Pellet	BioBrick[16]	Name	Other names	Host eukaryote	Chromo-phore*	Excitation max. (nm)	Emission max. (nm)	Source ref.
S	K1033922	meffRed	meffRFP	*Montipora efflorescens*	FDYG	560	576	2
	K592012	eforRed	eforCP	*Echinopora forskaliana*	HMYG	589	609	2
	K1033927	asPink	asCP, asFP595	*Anemonia sulcata*	CMYG	568	595	19
	K1033925	spisPink	spisCP	*Stylophora pistillata*	LKYG	560	NF	2
	K1033913	scOrange	ScroogeOrange	Synthetic	CMYG			15
	K1033910	fwYellow	FezziwigYFP	Synthetic	LTYG	520	540	15
	K592010	amilGFP		*Acropora millepora*	FQYG	503	512	2
	K1033916	amajLime	amajCFP, amFP486	*Anemonia majano*	FKYG	458	486	18
S	K592011	cjBlue		*Cnidopus japonicus*	CQYG	610	NF	20
S	K1033902	meffBlue	Rtms5, NF pocilloporin	*Montipora efflorescens*	CQYG	592	NF	21
	K864401	aeBlue	aeCP597	*Actinia equina*	CMYG	597	NF	22
	K592009	amilCP		*Acropora millepora*	CQYG	588	NF	2
	K1033906	tsPurple	TinselPurple	Synthetic	CMYG			15
	K1033927	gfasPurple	gfasCP	*Galaxea fascicularis*	SQYG	577	NF	2

Figura 74—*Tabela retirada do artigo Engineering a palette of eukaryotic chromoproteins for bacterial synthetic biology (Liljeruhm et.al., 2018)*

Projetamos cenários da expressão das cromoproteínas nas plantas (Figura 76) e (Figura 77) e animais (Figura 78), (Figura 79) e (Figura 80).

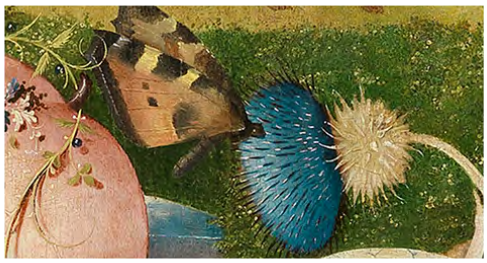


Figura 75—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Cardo— Garden, Madrid, Museo Nacional del Prado*



Figura 76—*Estudo I expressão cromoproteínas*



Figura 77— *Estudo II expressão cromoproteínas*



Figura 78—*Estudo III*



Figura 79—*Estudo IV*



Figura 80—*Estudo V*



Figura 81—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Three heads heron—Paradise, Madrid, Museo Nacional del Prado*



Figura 82—*Hieronymus Bosch, The Garden of Earthly Delights c. 1490-1500, Detalhe Fish—Paradise, Madrid, Museo Nacional del Prado*



Figura 83—*Duplicação aleatória eixo dorsoventral embrião © i3S —Vertebrate Development and Regeneration*



Figura 84—*Arabidopsis thaliana (thale cress) embryos imaged with confocal microscopy*.

Honorable Mention, 2009 Olympus BioScapes Digital Imaging Competition ®

2. Metodologia

I have had my solutions for a long time, but I do not yet know how I am to arrive at them.

Carl Gauss

Iniciamos esta investigação pela realização de pesquisa exploratória de modo a determinar e delimitar os pontos de contacto entre Arte e Ciência e de pesquisa descritiva, pela observação, em laboratório, de investigadores do grupo do i3S —*Vertebrate Development and Regeneration*, liderados pelo Dr. José Bessa.

A revisão sistematizada da literatura incluiu o estudo da obra de Hieronymus Bosch, o estudo da estética na Arte e Ciência, Criatividade, Interpretação, Representação pela imagem e Concriação. Todas as pesquisas foram realizadas em inglês entre 2020 e 2022.

Para o estudo da obra de HB privilegiamos autores que integraram na sua investigação dados que resultaram dos estudos técnicos da obra incluindo refletografia e fotografia no espectro do infravermelho, permitem um estudo que implica o processo criativo da obra. A celebração do quinto centenário da morte de Bosch, no *Museo Nacional del Prado,* presenteou os investigadores com uma série de novos dados sobre a obra central na nossa investigação *The Garden of Earthly Delights (GHD)*. No que diz respeito à obra, GHD, privilegiamos as abordagens de investigadores como Reindert Falkenburg, Margaret D. Carroll, Meinhard Michael, Larry Silver, que incluem estes dados e, portanto, nos oferecem novas perspetivas. Este enquadramento justificou a decisão de definirmos o ano de 2016, como limite inferior do nosso intervalo de estudo. No que diz respeito ao contexto de produção da obra, naturalmente investigamos a produção científica de

autores anteriores a esta data. Para perspetivar Bosch e entendermos o universo de produção das suas obras favorecemos, por ser a mais recente, o livro *The Complete Works* de Stefan Fischer.

Depois de definido o tema de investigação iniciamos a pesquisa manual, na área da arte, privilegiando o estudo dos livros The Routledge Companion to Biology in Art and Architecture[248] , publicado em 2017 e BIO DESIGN nature science creativity[249], publicado em 2019. Esta escolha fundamenta-se no facto destes livros compilarem os nomes que são referência, contemporânea na produção artística, implicando a ciência e em particular a Biologia e porque cumprem ambos o critério de data superior a 2016.

A pesquisa Bibliográfica, em bases de dados bibliográficas[250], implicou os critérios:(Tabela 1—*Critérios pesquisa inicial*) (Tabela 8— *Critérios pesquisa avançada*):

Tabela 1—*Critérios pesquisa inicial*

Critérios de inclusão	
Língua	Inglês
Intervalo	2009[251]— Em diante
Descritores	Art; Art AND Science; Art-Science Collaboration; Art-Science Cocreation
Frases	Philosophy of science
	Philosophy of art

248 Esta análise permitiu-nos vislumbrar os contornos iniciais da paisagem de colaboração entre arte e ciência.

249 Deste estudo selecionamos artistas e objetos artísticos representativos desta dinâmica colaborativa que se tornaram estudos de caso. O critério aplicado à escolha de obras /autores é duplo: por preferência estética da autora desta dissertação e pela utilização e exploração do potencial criativo da tecnologia CRISPR em arte.

250 Frontiers; Nature; NIH—National Library of Medicine; Cell Press; PNAS;Cambridge Core; BEHAVIORAL AND BRAIN SCIENCES; Scopus; JSTOR; Semantic Scholar

251 2013 é a data de publicação do paper Rewriting a genome por Emmanuelle Charpentier e Jennifer A. Doudna.

Contextualização da pesquisa:

Tabela 2—*Pesquisa na base de dados NIH*

Resultados	
Base de dados bibliográfica	*NIH- National Library of Medicine* *National Center for Biotecnology Information*
Intervalo	2020-2022
Descritores	"Art-Science Collaboration"
Resultados	7

Tabela 3—*Resultado pesquisa na base de dados NIH*

Análise artigo	
Título	Art-Science Collaboration in an EPSRC/BBSRC-Funded Synthetic Biology UK Research Centre
Autor	Michael Reinsborough
Data	2020
	"(…) Art-science collaborations (…) how can **science be a conceptual and material resource for new aesthetics** work) as well as identification of and attention **to aesthetic dimensions of scientific research** (how are aesthetics and affective framings a part of a specific epistemological resource for scientific research)."
	"**Science** is seen to be an **epistemological project about the nature** of the world whereas **aesthetics**, as defined by seventeenth century philosopher Alexander Gottlieb Baumgarten, is a practice to organize or relate our sensory experience to a cognitive process
	"(…) today, a huge part of scientific papers published in peer-reviewed journals is the organization of empirical evidence **visually** in figures (…)"
	"(…) A common objectification of artistic work within an art-science collaboration is to see it as a **resource only for public engagement** (…)"
	"Will the anticipatory aspect of imagining futures (derivative of or influenced by new science) be plausible?"
	"(…) the advantage of specifically **identifying public engagement/science communication as a distinct** aspect of such **projects** so that aesthetic, scientific or social science/philosophical research agendas are not **subsumed to the assumption that the primary or only value of art-science collaborations is as a form of public engagement or science communication** (…)"

Tabela 4—*Pesquisa na base de dados Nature Portfolio*

Resultados	
Base de dados bibliográfica	*Nature*
Intervalo	2020-2022
Descritores	"Art-Science Collaboration"
Resultados	75
Artigos Selecionados	"How to shape a productive scientist-artist collaboration"; "All my art is curiosity-driven': the garden studio where art and physics collide"

Tabela 5—*Análise de artigo* **"How to shape a productive scientist-artist collaboration"**

Resultados	
Título	How to shape a productive scientist-artist collaboration
Autor	Virginia Gewin
Data	17 fevereiro 2021
	"(…) **creative** partnerships can turn science into captivating art."
	"Yet artists and scientists often inhabit **different worlds**, making it difficult for them to find potential collaborators."/ "our professional languages were very **different**"
	"(…) art-minded scientists and science-minded artists for launching and maintaining collaborations that can **challenge entrenched ideas** (…)"
	"(…) art and science are deeply **intertwined** with contemporary art."
	"(…) interactions with artists can shift their perspective on their research. The bottom line is to keep communicating." (Fernanda Oyarzún)
	"The most common **misconception** that scientists have about artists is that they are **chaotic**, or are **simply illustrators** helping to educate the public about science"

Tabela 6— *Análise de artigo* **"All my art is curiosity-driven': the garden studio where art and physics collide"**

Resultados	
Título	All my art is curiosity-driven': the garden studio where art and physics collide
Autor	Amber Dance
Data	17 fevereiro 2021
	"Much of my work happens outside my studio, in **conversations** out in the world."
	"I work with different research groups, using **art to ask and answer questions** (…) and to **communicate about nature**."
	"All my work is **curiosity-driven**, always framed around a **question**, just like science."

Tabela 7—*Análise de artigo "***ART GRAFT: PUTTING AN 'A' INTO 'STEMM'"**

Resultados	
Título	ART GRAFT: PUTTING AN 'A' INTO 'STEMM'
Autor	Amber Dance
Data	11 fevereiro 2021
	"(…) the **arts** directly **inspire scientific questions** (…)"
	"Good science is a **creative** process (…) I don't see it as being a fundamentally different creative process from writing a great poem or a novel, or [creating]a piece of art."
	"The hours of practice required to reach a high standard **accustom the brain to hard work and patience.** Musicians are "very used to **delayed gratification**" (Chia-Jung Tsay)
	"When you're doing music, you're doing that one thing, and you do it with your **full brain**." (Elaine Bearer)

Tabela 8— *Critérios pesquisa avançada*

Critérios de inclusão	
Língua	Inglês
Intervalo	2013— Em diante
Descritores	aesthetics; aesthetics AND science, beauty AND science creativity, creativity AND science, creativity AND art representation visual perception

Em simultâneo fizemos um acompanhamento, no i3S, junto de investigadores do grupo— *Vertebrate Development and Regeneration*, da sua prática científica e perspetivando a possibilidade e implicações de desenvolvimento colaborativo de um projeto na área Arte— Ciência. Esta abordagem qualitativa permitiu-nos recolher dados e entender a criatividade, a imagem/representação e a interpretação num ambiente natural de produção científica e que utiliza como técnica de investigação o CRISPR.

Concluímos esta fase de investigação pela delimitação dos conceitos: Criatividade, Interpretação, Representação pela imagem e investigamos o espaço conceptual da arte e da ciência identificando as tangências nas suas narrativas de modo a expandir o *pomerium* do que significa ser humano na hipótese da emergência de uma nova categoria criativa.

Seguiram-se estudos de caso em que se verificou a concriação sendo que o critério de seleção primário foi o de proximidade com a Biologia e cuja data de criação é posterior a 2009.

Desta pesquisa derivaram as nossas hipóteses de investigação:

A tecnologia CRISPR[252] pode ser utilizada para tornar tangível o pensamento criativo em arte?

252 Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats

É possível tornar tangível a ideia original que emana do pensamento criativo em simultâneo como objeto de arte e de ciência?

A triangulação da informação assumiu, na nossa investigação, preponderância na iteração e refinamento dos nossos movimentos e intenções.

2.1 Recolha de dados

A recolha de dados para esta investigação aconteceu em três tempos com a mobilização de instrumentos diversos. A primeira fase na recolha de dados contextualizou-se no i3S, no grupo de investigação *Vertebrate Development and Regeneration* liderado pelo investigador Dr. José Bessa. Esta recolha implicou a utilização de dois instrumentos, a observação e entrevistas não estruturadas. A observação, de natureza exploratória, circunscreve os dados recolhidos, a um contexto local (i3S), no presente e numa dinâmica comunicacional unidirecional. As entrevistas, que tiveram lugar no i3S, são de natureza não estruturada. As questões abertas, tinham o propósito de entender quem são os investigadores e quais os processos que estão acoplados à sua investigação, nomeadamente no que diz respeito ao conceito de criatividade, intuição e o seu peso no método científico. A sua natureza interativa e generativa permitiu-nos entender, com mais profundidade, quais as perspetivas destes investigadores na dinâmica arte—ciência. Os dados recolhidos nesta fase inicial da investigação permitiram definir, com mais clareza, os nossos territórios e constituíram um *input* fundamental para desenhar as entrevistas estruturadas que se seguiram.

Para o segundo momento de recolha de dados identificamos cientistas e artistas grupos de estudo com interesse. As questões que dão corpo ao guião da entrevista estavam agrupadas de acordo com: *Creativity, aesthetics and intuition; Co-creation and collaboration* e *Technologies*. Para os dois grupos de estudo desenhamos entrevistas simétricas, esta decisão justifica-se na importância de aferir a existência de pontos de contacto entre a visão artística e científica da produção artística e científica e sua intercessão.

Numa terceira fase desenhamos uma *KJ Tecnhique* para avaliar os impactos da ação criativa dos cientistas e artistas na sociedade propondo a reflexão em dois tempos da questão de foco: *Is the use of scientific technologies in artistic practice beneficial for innovation and society progress?*

Todos os dados foram anonimizados.

2.2 Entrevistas

Os entrevistados receberam, por comunicação eletrónica o guião das entrevistas, às quais responderam por escrito ou em formato áudio de acordo com a sua agenda e as suas preferências. Justificamos a utilização da língua inglesa para a recolha destes dados em dois argumentos. O primeiro, a nossa comunicação com cientistas que estiveram na origem das descobertas relacionadas com a tecnologia CRISPR e cuja visão nos interessou explorar e que representam 45,5 % da nossa amostra. A segunda prende-se com o facto de ao fazê-lo numa única língua minimizam-se as perdas que naturalmente acontecem aquando da tradução

2.3 KJ Technique

A aplicação deste instrumento de recolha de dados justifica-se na importância de entender e considerar, nesta recolha, o nível de apropriação de opinião entre investigadores que partilham o mesmo espaço e focar a nossa atenção relações de poder e seu impacto na expressão de opinião. Os dados recolhidos foram mantidos anónimos, permitindo o desenredar de imposições institucionais, ainda que implícitas.

3. Resultados

3.1 Análise qualitativa dos dados recolhidos (entrevistas)

3.1.1 Identificação temas e conceitos iniciais

3.1.1.1 Criatividade

Organizamos a nossa análise de dados considerando a esfera de ação da definição de Boden: criatividade como a capacidade de gerar ideias ou artefactos que são novos, surpreendentes e com valor.



Figura 85 —*Newborn © Anish Kapoor 2019*

3.1.1.2 Estética

Henri Poincaré, que propôs organizar o processo criativo em preparação, incubação, iluminação e verificação, identifica a sensibilidade estética como responsável no reconhecimento consciente da ideia, entre inúmeras que resultam da combinação, sem restrições, na mente inconsciente. A mente consciente, por sua vez, identifica a marca da harmonia, do belo e utilidade entre as inúmeras possibilidades e em consequência elege *a ideia* fundamentalmente criativa e surpreendente.

O conceito de estética que contextualiza esta investigação representa-se na compreensão explicativa e genética, mas exige a compreensão espontânea que não pode ser reduzida a palavras pela sua natureza inapreensível. O método da estética que avocamos não é uma submissão aos conceitos abstratos (Adorno, 2011, p.351) de belo ou da sua privação. Este conceito aplicado à

ciência pode traduzir-se na escolha, justificada na elegância ou num sentimento e julgamento estético instintivo, de uma linha de pensamento em detrimento de outras, antes de se formalizarem as provas.

3.1.1.3 Intuição

The really valuable factor is intuition.

—Albert Einstein

A intuição, corporifica-se no instante na atribuição de sentido, e traduz a consciencialização da alteração na representação da realidade e do conhecimento (Kounios & Beeman, 2014). Esta é muitas vezes acompanhada pela emoção e exaltação. Poincaré, relatou que perplexo com um problema foi para a costa, pensando em coisas completamente diferentes. Enquanto caminhava a ideia aconteceu acompanhada pela consciência, pelo inesperado e pela certeza imediata.

A discussão e contactos intelectuais com outras mentes são estímulos positivos para a intuição (Beveridge, 1957)

3.1.2 Classificação casos

A coleção dos ficheiros considerou os grupos principais Artistas e Cientistas e os subgrupos artistas com interesse particular na exploração de tecnologias ou temas científicos, e cientistas que já haviam colaborado com artistas.

Tabela 9—*Casos*

Casos
Artista
& Cientista
Cientista
& Artista

3.1.3 Construção de um índice

Seguiu-se a identificação de ligações entre categorias agrupando-as por temáticas e classificando-as hierarquicamente e por nível de generalização (Ritchie et al., 2003).

Tabela 10 —*Índice*

Criatividade
ausência
caracteristicas
combinatória
exploratória
transformacional
mentes criativas

Estética
na arte
na ciência
ausente na ciência
não necessáriamente presente na ciência
Mente Artística
investigação artística
Mente Cientifica
investigação científica
Concriação e colaboração
desafios
superar desafios
vantagens
e a ética
e a sociedade
Tecnologias
CRISPR
oposição
concordancia
excluidas
sugeridas

3.1.4 Marcação de dados

Depois de definido índice procedemos à indexação dos dados. Esta operação permitiu o mapeamento dos dados recolhidos.

Tabela 11 —*Marcação dados — Criatividade*

Criatividade		
		Referências
ausência	2	62
caracteristicas	11	
combinatória	3	
explorativa	4	
transformacional	10	
mentes criativas	24	

Tabela 12 —*Marcação dados — Estética*

Estética		
		Referências
na arte	4	13
na ciência	6	
ausente na ciência	2	
não necessáriamente presente na ciência	1	

Tabela 13 —*Marcação dados —Intuição*

Intuição		
		Referências
sentido de	5	5

Tabela 14 —*Marcação dados — Mente e investigação científica*

Mente e investigação científica		
		References
mente	42	52
investigação	10	

Tabela 15 —*Marcação dados — Mente e investigação artística*

Mente e investigação artística		
		Referências
mente	26	42
investigação	16	

Tabela 16 —*Marcação dados — Concriação e colaboração*

Concriação e colaboração		
		Referências
colaboração	19	77
vantagens	15	
desafios	15	
como superar desafios	28	

Tabela 17 —*Marcação dados — Ética e sociedade*

Concriação e colaboração		
		Referências
e ética	9	10
e sociedade	1	

3.1.5 Classificação de dados

Os dados foram posteriormente organizados segundo temas e foi efetuada a sua análise descritiva. Esta análise avaliou as ocorrências, as características e associações entre os objetos identificados.

Este processo envolveu a sistematização e sintetização dos pontos chave de cada produção, mantendo o seu contexto, língua e expressão originais.

3.1.5.1 Criação de gráficos temáticos e análise descritiva

3.1.5.1.1 Criatividade

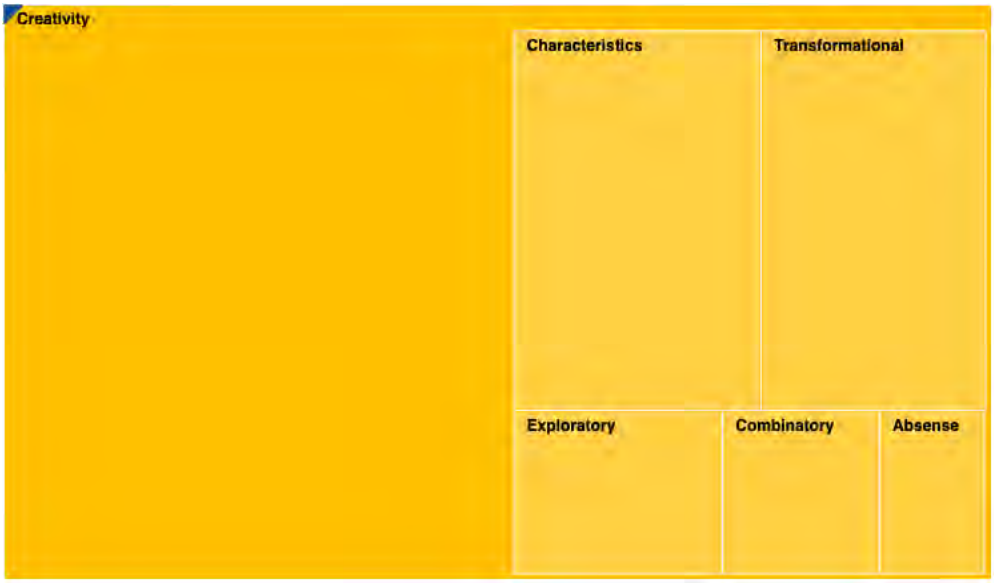


Figura 86 —*Criatividade*

A mente criativa é avaliada nos termos curiosidade, ousadia e competência (Tabela 18). Estas características são identificadas nas respostas relativas ao pensamento científico e ao pensamento artístico. Podemos, portanto, inferir que a mente artística e a mente científica se encontram no lugar da criatividade ainda que esta se materialize em formas diferentes.

Resultados

Os resultados obtidos informam-nos da relação exploratória atenta da mente criativa em relação ao mundo. Este perscrutar diferencia-se, da ausência de criação, na internalização da flexibilidade que permite a imaginação dimanar em novos modos de equacionar a realidade podendo-se inferir neste movimento a intenção, ainda que não consciente, de ação no sentido da criatividade histórica. A substância desta relação pode nutrir-se em múltiplas referências, assumindo-se aqui um olhar inteligente para objetos criados no passado e para o potencial dinâmico da sua projeção no futuro — criatividade exploratória.

O entrevistado, *I11—Scientist &A*, identifica como condição necessária a criatividade perante a insuficiência numa ideia ou perspetiva. A criatividade gera conceitos *unaligned,* para além dos outros, *I8— Scientist,* estamos então perante uma nova visão com impacto revolucionário estas afirmações permitem-nos a associação de termos que na sua natureza expressam a criatividade transformativa

Neste contexto, verificamos que ocorrem com mais frequência referencias à criatividade transformacional 24,4%, seguindo-se a criatividade exploratória 9,8% e finalmente a criatividade combinatória 7,3%.

A consciência da ausência de criatividade acontece na perda de sentido, ou significado lógico da ação na observação ou perante o problema.



Figura 87 —*Atributos identificados da criatividade*

3.1.5.1.2 Estética

A forma, as inter-relações, a repetição, a estrutura, a similaridade, a gradação, padrões, radiação, anomalia, contraste, concentração e composição constituem unidades (Wong, 2014) da expressão artística e habitam a mente do artista. Os objetos e os acontecimentos no mundo em torno do nosso organismo ou os que habitam o nosso mundo interior definem a natureza e a composição que resultam das nossas reações. Produzimos imagens significantes da linguagem humana a partir do material que recolhemos através de órgãos específicos localizados na pele, da nossa estrutura músculo-esquelética e da nossa química visceral (Damásio, 2017). Estes dados são imperativos das nossas construções e constitutivos da nossa mente cultural.

Na miríade de formas convergimos para as formas naturais que possuem as mesmas características estruturais básicas determinadas pelas leis naturais. Na biologia o ideal de beleza está sempre presente (I8— Scientist) e quando observamos as suas estruturas estamos a percecionar, nas suas múltiplas formas, o belo. A diferença? Os cientistas em vez de olharem para

uma tela olham através do microscópio (I6— Scientist &A), procuram simetrias e paralelismos (I7— Scientist), as mesmas unidades da expressão artística. A elegância de um mecanismo biológico existe na sua clareza e evidência, reconhecer esta dimensão no domínio científico traduz-se em reconhecer a existência de um julgamento estético. A arquitetura celular ao expressar os princípios do design da Natureza revela a existência de um sistema estético intrínseco que nos move embora possa ser considerado elusivo. A impressão de que esta forma de beleza só será totalmente compreendida por indivíduos com conhecimento avançado (Zeki et al., 2014) em estruturas celulares deixando nos outros apenas uma impressão de belo causada pela forma mais sensível e baseada na percepção visual que no intelecto.



Figura 88—*Propriedades identificadas da estética*

3.1.5.1.3 Intuição

A intuição, identificada como absolutamente essencial, orienta o nosso olhar para o movimento seguinte (Tabela 21). Esta assume a forma das experiências de vida, no conhecimento e educação (I6— Scientist &A), e portanto a fase de preparação identificada por Poincaré, para o processo criativo, desenha o arco entre intuição e criatividade.

No que diz respeito à intuição utilizaremos os termos especulativa e sistemática para distinguir a mente dos que usam a intuição e só posteriormente a razão para confirmar a intuição e a mente que contribui para o conhecimento através de pequenos progressos. No discurso dos primeiros encontramos afirmações como "*I have the result, but I do not yet know how to get it*", de Gauss, e a de Pasteur "*... it is true that I have freely put myself among ideas which cannot be rigorously proved. That is my way of looking at things*". As afirmações de Kelvin e Sir W. Hamilton ilustram o modo da mente sistemática: "*Accurate and minute measurement, ..., nearly all the grandest discoveries are made this way"*. Contudo, devemos ter presente, que estas designações representam extremos e que provavelmente encontraremos significado na combinação de ambas.

Os dados recolhidos apontam para uma predominância da perceção da mente sistemática em relação à especulativa no pensamento científico. A intuição é substituída por micro intuição e a certeza só se atinge pelo método rigoroso, a evidencia, que resulta da recolha de dados objetivamente é condição da conclusão. A mente artística permite o pensamento lateral, sem o requisito de uma lógica subjacente ou utilidade quando inicia o movimento de resposta "Why not?" (I7— Scientist). Esta afirmação exterioriza a dissociação, ou aparente dissociação entre os mecanismos da arte e da ciência "*they use very different tools and methods and they speak a very different language. The end product is so different that it seems to be not related at all but for me that is simply a misunderstanding."*

3.1.5.1.4 Pensamento e investigação artística

Os resultados obtidos informam-nos acerca da tangência entre arte e ciência pela identificação da curiosidade e da criatividade características identificáveis quer no pensamento artístico quer no pensamento científico.

Verificamos a associação da mente artística à criatividade e curiosidade. Contudo não existe neste processo nenhum propósito de utilidade ou exigência de unidade lógica (I7 — Scientist) ou racional. O pensamento que lhe é subjacente é imagético (I2— Artist &S) e, a beleza que deriva deste movimento é primariamente visual e está correlacionada com atividade na zona emocional do cérebro campo A1 do córtex orbito-frontal medial (Zeki et al., 2014).



Figura 89 — *Pensamento artístico*

3.1.5.1.5 Pensamento e investigação científica

A investigação científica estrutura-se essencialmente na questão formulada, na hipótese e no método para testar a hipótese (I10—Scientist). O desenhar do método exige a dimensão criativa, mas com o propósito de validação da hipótese num horizonte que pretende mostrar a

verdadeira natureza da realidade (I11—Scientist &A). A aplicação do método exige a recolha de dados cirúrgica, o mais objetiva possível e evitando especulações para que o resultado seja convincente independentemente da prova da hipótese proposta. A análise dos resultados exige confiança capaz de desafiar a lógica (I5— Scientist), teorias estabelecidas e aceites como verdadeiras e possíveis enviesamentos de pensamento.

Intentamos demonstrar que a criatividade e curiosidade antes da especialização alimenta do mesmo modo a investigação artística e a investigação científica.

Esta aproximação faz-nos supor que num processo de concriação perante o resultado ambos, cientistas e artistas, produziriam mapas de atividade cerebral semelhantes, embora a experiência produzida possa ser diversa.



Figura 90 — *Pensamento científico*

3.1.5.1.6 Concriação e colaboração

> New associations and fresh ideas are more likely to come out of a varied store of memories and experience than out of a collection that is all of one kind.
>
> **— Dr. E.L Taylor**

A dissociação dos objetos mente artística e mente científica traduzem-se em desafios no processo de concriação e colaboração, elevados na diferença de linguagem, objetivos e nos meios mobilizados para atingir os objetivos (I11—Scientist &A). O desafio coloca-se primeiramente em aprender a comunicar eficazmente com alguém de uma área de investigação diversa (I9— Scientist). A diversidade da linguagem e dos modos de ver o mundo (I8 — Scientist) exige o compromisso entre o individual e o coletivo (I10 —Scientist). A coesão necessária só é praticável quando o tempo de exposição às personalidades, aos métodos e práticas (I11—Scientist &A) não é limitado permitindo que se estabeleçam relações de confiança (I9— Scientist) e, códigos de representação partilhados (I6— Scientist &A).

As relações de poder não explícitas identificam outro desafio a vencer (I2— Artist &S). Para superá-lo é proposto o diálogo (I10—Scientist; I2— Artist &S), contudo este tem que ser antecedido pela redução do valor do preconceito que cada um transporta sobre o outro. Alguns cientistas estão frustrados com os artistas que ilustram a ciência nesciamente (I7— Scientist), os cientistas consideram que os artistas demasiado vanguardistas e os artistas consideram, de uma maneira geral, que os cientistas estão demasiado enraizados no seu campo de visão (I11— Scientist &A).

A necessidade de instrução que se impõe, e as obrigações que lhe estão associadas, principalmente no domínio da comunicação, (I11—Scientist &A) só serão aceites se a tendência traduzida nas vantagens atuação conjunta se revelar meritoso.

Os benefícios no domínio da ciência traduzem-se na maior liberdade e expansão de resultados mesmo quando a informação não abrange toda a extensão proposta e expressa nos objetos desenhados (I11—Scientist &A). De modo similar a expansão pode traduzir-se na

qualidade da ação que a ciência tenta produzir na sociedade, pois a colaboração com os artistas representa uma aproximação às pessoas na mobilização da emoção que os artistas dominam na criação das suas narrativas (I11—Scientist &A).

No domínio artístico a colaboração com a ciência permite a exploração de novas dimensões estéticas que de outro modo estariam vedadas aos artistas pela especificidade, exigência técnica e de segurança que a sua manipulação de técnicas implica (I2— Artist &S). Esta exploração estética tem tradução em novas áreas de investigação artística (I2— Artist &S) e a possibilidade e emergência de novos movimentos artísticos.

Ambos, artistas e cientistas, ao integrarem a perspetiva dos cientistas e artistas, respetivamente, na sua investigação permitem uma oposição ao conservadorismo (I5— Scientist) e o espraiar de horizontes (I1—Artist).

3.1.5.1.7 Ética e sociedade

> Men are rather beholden … generally to chance, or anything else, than to logic, for the invention of arts and sciences.
>
> **— Francis Bacon**

Os artistas têm questões que os cientistas não têm (I2— Artist &S), a diferença entre perspetivas e objetivos representam um novo e valioso modo de olhar o progresso e a inovação (I11—Scientist &A). A mente complexa e infinitamente rica resulta da combinação cooperativa de elementos simples, correntes separadas de imagens podem ser integradas, a fim de produzir relatos mais complexos de realidades internas e externas, produzindo narrativas[253] com significado. Os cientistas, na sua investigação focam-se na descoberta de como as coisas funcionam e o que é possível. Os artistas questionam porque deveria ser possível e o que as

253 Diferentes regiões sensoriais contribuem para formação de uma cadeia de elementos no tempo. Estruturas associativas coordenam o timing dos componentes, a composição e o movimento dessa cadeia. Uma rede especifica de córtices associativos constitui o default mode network responsável pela construção das narrativas. (Damásio, 2017)

possibilidades nos fazem como indivíduos, como sociedade e, como humanos (I11—Scientist &A).

3.2 Análise qualitativa dos dados recolhidos (KJ technique)

It is impossible to think creatively into the future without a sense of what is known.

—Dr. Eve Marder

A análise dos mapas individuais de resposta a "Is the use of scientific technologies in artistic practice beneficial for innovation and society progress?" refletem, sua organização gráfica (KJ1 e KJ all), o reconhecimento como unidades independentes de arte e ciência.

A forma exterior que as representa é a mesma (Figura 91), mas o interior da forma para ciência está dividido, embora não separada nos seus componentes projetando o reconhecimento de múltiplas áreas científicas. A separação entre estas disciplinas é reforçada na diferença de cores que as formas apresentam. As suas naturezas são definidas pelas propriedades elencadas (Figura 92). O nexo estabelece-se na criatividade e pensamento critico. A criatividade é, no entanto, o único ponto de contacto com a informação recolhida nas entrevistas (Figura 89) e (Figura 90). Os sentimentos e a sensibilidade estão polarizados na arte (KJ1 ·· KJ5), acompanhando os resultados obtidos em entrevistas. No entanto, a arte assume, através da curiosidade, relevo na aquisição de conhecimento (KJ5) (Figura 93).

A aproximação, entre estas áreas, implica dúvidas e dificuldades na mente dos participantes da KJT. Este desenvolvimento justifica-se no modo críptico como as tecnologias são documentadas (KJ3).

O mapa final de afinidades (Figura 94), estabelece três momentos concetuais. O primeiro, ao olhar o passado, agrupa as instâncias em que a ação prova o benefício da utilização de

tecnologias[254] de uma determinada área, noutra área de conhecimento. O impacto na sociedade é considerado incontornável, e desejado[255]. No segundo momento organiza-se em torno das tecnologias e da ideia que a diversidade na sua aplicação, para além de fazer ciência, pode inspirar a curiosidade que impulsiona o avanço para o conhecimento. Finalmente foram dispostas as ideias relacionadas com a dúvida de como fazê-lo. A certeza de beneficiar o pensamento crítico e o conhecimento da sociedade, em particular a literacia em ciência, justificam a decisão de pensar arte e ciência em benefício do futuro.

254 Apesar da dificuldade representada na necessidade de transpor os mecanismos da tecnologia para áreas diversas.

255 Sou cientista e trabalho para a sociedade (Marta Duque (i3s), comunicação pessoal, maio, 2021).

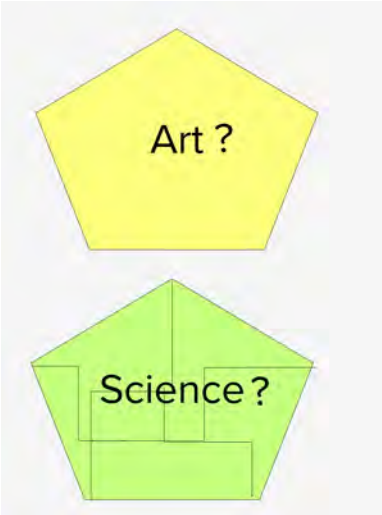


Figura 91—*KJ1 (pormenor)*



Figura 92—*KJ2 (pormenor)*

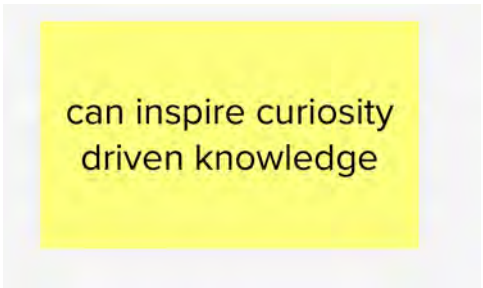


Figura 93—*KJ5 (pormenor)*

4. Discussão

[Joana Teixeira — i3S — Os cientistas investigam também com o intuito de partilhar o resultado e os benefícios da sua pesquisa com a Humanidade. As suas interações com os artistas permitem ao cientista assumir uma nova perspetiva do seu trabalho.]

Entender a relação entre a realidade tecnológica nas ciências, em particular CRISPR, e a ideia artística no instante da sua coexistência implica a especulação para criação de um objeto que opere na interseção da Biologia, Ciência e Arte, na circunstância histórica de separação institucionalizada entre a Arte e a Ciência.

A linguagem das formas, movimentos e das cores estão presentes quer em ciência, quer em arte. Estas relações são inseparáveis da natureza humana e revelam-se nas suas produções. O que nos para? O nos enleva? Facilmente nos apercebemos que circunstâncias extraordinárias em que o belo se arvora, os nossos sentidos são capturados, os sistemas neuronais ativados, e ficamos imersos em sensações de recompensa, prazer e satisfação. Este sobrevir de emoções traduz-se numa experiência estética que modifica o nosso estado. É na sucessão de estados mentais que desenhamos a forma do conhecimento. A proposição o enlevo humano traduz-se em conhecimento do mundo. É o sujeito que perceciona que diferencia a sua natureza: medicina, neurobiologia, pintura, música, arquitetura ou qualquer ideia que resulta da criatividade humana. Neste ponto diluímos o binómio arte—ciência. A imagem que modifica o conhecimento na nossa mente pode ter representação científica ou artística porque traduz uma perspetiva criada pelo nosso olhar. É o nosso olhar que culturalmente assume um determinado ângulo e atribui significado em concordância.

A ideia seminal da tecnologia CRISPR gerou-se no reconhecimento de uma repetição, uma das unidades constitutivas da experiência estética. A harmonia entre ordem e complexidade da sequência de ADN.

Contudo, ao integrar experiências cognitivas novas, integramos na nossa mente a multiplicidade de entendimento do mundo. As estruturas de entendimento, que resultam da exploração criativa[256], são comuns nas artes e nas ciências. Esta inteligência opera na colaboração entre artistas e cientistas.

[Joana Teixeira — i3S — A temperatura é uma variável nas experiências, mas nunca a tinha sentido com o corpo até agora.]

Porém o movimento desta colaboração tem, nos casos estudados, uma direção bem definida no sentido da produção artística. São inúmeros os exemplos de convites que as universidades e os centros de investigação fazem a um artista ou coletivos de artistas, para residências artísticas. A impressão que deixa nos seus atores, apesar das condicionantes impostas pelo tempo, financiamento, agendas ou outras relacionadas com a comunicação e linguagem, são sempre positivas. As obras de arte, reveladoras.

O otimismo e entusiasmo da colaboração arte-ciência justificam e animam a nossa ideia de concriação. Intersetamos, nesta tese, um corpo de conhecimentos que nos permite especular o salto colaboração — concriação confiantes da inovação que pode imprimir na sociedade, e na literacia. A agitação que possa provir deste movimento será vantajosa para a ciência e para a arte pois os nossos pensamentos desenham-se na evolução tecnológica e também em novas perspetivas da sua utilização.

256 De acordo com os resultados da nossa investigação o pensamento artístico e pensamento científico enlaçam na criatividade e curiosidade.

5. Conclusões e Trabalho Futuro

5.1 Satisfação dos Objetivos

Avocamos novamente as nossas hipóteses:

A tecnologia CRISPR pode ser utilizada para tornar tangível o pensamento criativo em arte? É possível tornar tangível a ideia original que emana do pensamento criativo em simultâneo como objeto de arte e de ciência?

Os modelos de colaboração comuns[257], negam as duas primeiras hipóteses por motivos diferentes. A primeira justifica-se principalmente em dois factos: o espaço de colaboração não sendo neutro representa uma preponderância explícita da ciência sobre a arte; o tempo envolvido para que os pensamentos artístico e científico se encontrem, a partir da mesma suposição, depende de muitos fatores incluindo a complexidade da área científica envolvida, o estabelecimento de comunicação ativa entre os intervenientes e estabelecimento de relações de confiança que exigem reconhecimento.

A segunda encontra justificações nos motivos apresentados para a negação da primeira hipótese. Contudo a tecnologia CRISPR acrescenta desafios éticos que exigem a nossa decisão. As divergências no meio científico esclarecem sobre a complexidade desta discussão, ainda embrionária (Anexos).

257 A nossa referência são os estudos de caso, objetos da nossa investigação.

5.2 Trabalho Futuro

Nas abordagens estudadas nesta investigação, a aproximação é observada como complementares, e que permitem uma expansão do espaço em que originalmente se movem. Propomos uma alteração desta visão.

Explorar modelos de concriação entre as ciências biológicas básicas e as artes plásticas, identificando, dissecando, ou construindo modelos que explorem ou expandam o potencial da relação dos pensamentos artístico e científico na plenitude.

Para tal, será necessário um levantamento exaustivo de práticas anteriores e em curso que permitam desenhar uma matriz de classificação de modelos e variáveis que permitam identificar as boas práticas em processos de concriação entre arte e ciência.

Numa segunda fase visa-se desenhar um sistema que aplique o valor qualitativo ou quantitativo das variáveis identificadas na fase anterior para estimular o pensamento lateral e especulativo. Isto implica considerar a dinâmica ética do processo, definir o valor de uso das tecnologias emergentes da ciência no presente e futuro da espécie humana, bem como pensar e conceber uma matriz de concriação arte e ciência. Num terceiro momento pretende-se implementar o sistema de concriação num modelo de *Living Lab* que permita validar e otimizar iterativamente a matriz concebida aplicando métodos de Design participativo. O *Living Lab* será um espaço para criar artefactos que operem na interseção entre Ciência e Arte e que permitam a sua expansão em significado. Será também o espaço para investigar este processo de criação dualizado e inspirado na Natureza, onde arte e ciência concorrem para o instante extraordinário da criação.

A última etapa e objetivo específico será de, no manuscrito da tese e em manifestações artísticas, produzir um pensamento fundamentado sobre os modelos explorados de interseção entre arte e ciência na criação humana e respetivas implicações éticas.

5.2.1 Descrição detalhada

A arte e a ciência constituem um binómio que assumiu, ao longo da história, um padrão de interações que, por um lado se materializaram em movimentos artísticos pendulares, (Melkozernov & Sorensen, 2020), a influência da biologia na arte emerge na forma de biomorfismo e biocentrismo e encontra-se documentada em estudos naturalistas do século dezanove, e por outro, permitiram à ciência maior eficácia na sua comunicação. Cada época da civilização cria a Arte que lhe é própria (Kandinsky, 2010) e nos mesmos termos, a Ciência, a Filosofia, a Engenharia, o Design e todas as manifestações criativas da Humanidade. Na arte contemporânea assistimos a um movimento de aproximação com a ciência que nos interessa explorar, particularmente na área das nas ciências biológicas básicas e nas ciências da saúde humana.

Na fase inicial propomo-nos identificar, organizar e definir o essencial de experiências artísticas que se aproximam da ciência avaliando-as no que diz respeito aos seus objetivos, restrições, relação com o ambiente, conceptualização, implementação e comunicação (Dubberly, 2004). O nosso olhar estará orientado no sentido de definir e analisar detalhadamente a relação arte e ciência através do reconhecimento de obras representativas que dão resposta, ainda que parcial, ao processo de concriação e respetiva culminação num artefacto. Serão identificados os objetivos e restrições que contornam estas experiências. Estes dados permitirão desenhar a nossa ação e definir metas a atingir em cada fase. Na segunda fase, propomo-nos definir um sistema de classificação de informação que responda às necessidades anteriormente identificadas. Esta fase iniciará com a recolha e classificação de dados de acordo com a apreciação da informação que resultou da fase anterior. A nossa abordagem começará por identificar e analisar sub-problemas. O conhecimento sólido na área de intervenção científica, o conhecimento das tecnologias envolvidas e níveis de segurança que exigem, as implicações éticas que a sua manipulação deixará transparecer. Estes sub-problemas serão sintetizados e, reduzidos ao essencial, serão organizados para que se possam identificar e validar as dependências entre cada sub-problema. —1 ano

Esta definição permitir-nos-á idear soluções para cada um dos sub-problemas identificando as suas variáveis internas e externas, na interação com o ambiente e com a sociedade. A identificação e adequação dos meios em que se irão aplicar as soluções desenhadas apresentam-se cruciais nesta fase para que se possa otimizar o processo e testar a qualidade das soluções. Segue-se a escolha da solução que se adequa melhor a cada problema identificado, esta decisão será validada pela sua performance. A definição das soluções mais elegantes decorrerá num processo iterativo que poderá ainda resultar na necessidade de proceder a uma atualização da escala em que olhamos cada sub-problema e suas variáveis. A nossa abordagem será inspirada na Natureza, aplicaremos o princípio do menor inventário e maior diversidade, pois consideramos que este modo de pensar inspirado na Natureza e seus sistemas se apresenta mais sustentável quer nas relações entre as formas de vida quer na relação com o ambiente que queremos edificar no futuro. — 6 meses. Na terceira fase propomo-nos validar a matriz de concriação, resultado das fases precedentes. Esta fase será integralmente dinamizada em modo *Living Lab*. Na cidade do Porto, o Instituto de Investigação e Inovação em Saúde (i3S), que assume na sua prática de investigação um caracter integrativo, e que assumiu no seu passado projetos que visavam a aproximação entre arte e ciência, acolherá, através da sua unidade de comunicação, a nossa presença e integrará esta equipa de investigadores. Os artistas e cientistas de áreas de investigação diferentes têm propensão em observar, em reconhecer padrões e valorar de acordo com as representações materiais dos seus interesses e área de trabalho. As mentes impõem-se aos sentidos. O refinamento da capacidade de apreciar materializada numa ligação Humano-Humano com a natureza representa um melhoramento na capacidade visual de pensar (Schunugg, 2019), na capacidade auditiva de pensar resumindo na capacidade de pensar com os sentidos. A expansão de processamento que esta relação representa permitir-nos-á validar a nossa hipótese. — 1 ano e meio
A quarta fase da nossa investigação compreende a comunicação dos nossos resultados. Academicamente materializar-se-á na produção da dissertação. Contudo a nossa comunicação pretende também propagar-se para além da academia e tornar-se enfática na sociedade para que

promova uma introspeção e promova um movimento participativo da sociedade nas decisões que conjuntamente teremos que observar diante dos desafios que os novos desenvolvimentos nas biociências representam. Pretendemos questionar onde se situa o eu no nós e como novas formas interação com o mundo podem resultar numa mutação da criatividade humana. Como seres gregários temos o dever de decidir, e estender a decisão a todos, acerca das competências que devemos preservar. O nosso programa de comunicação à sociedade começará por listar o que vai ser comunicado, e em que termos. Posteriormente iremos selecionar o meio ou meios de comunicação (p. ex. instalação interativa) e validar a comunicação ou comunicações consideradas. Seguir-se-á a fase preparatória da comunicação e posteriormente a sua divulgação. A comunicação será concluída na análise de todo o processo o que permitirá a inspirar novas ações concriativas envolvendo arte e ciência. —1 ano.

6. Referências

Catalog of Illuminated Manuscripts. In T. B. Library (Ed.).

TRUTHMAKERS: The Contemporary Debate. (2005). OXFORD.

‘Salmen genoechte hebben met wiven?’

The Garden of Earthly Delights, interpretations and prejudices. (2016). Jheronimus Bosch: His Life and His Work,

The National Gallery. (2016-2022). https://www.nationalgallery.org.uk/paintings/joseph-mallord-william-turner-the-fighting-temeraire

The Routledge Companion to Biology in Art and Architecture. (2017). (M. T. Charissa N. Terranova, Ed.). Taylor & Francis.

Adorno, T. W. (2011). Teoria Estética (Ediçoes70, Ed. Vol. 14).

Albers, J. (2006). Interaction of Color. Yale University Press.

Alex Rosenberg, D. W. M. (2008). Philosophy of Biology: A Contemporary Introduction. Routledge Contemporary Introductions to Philosophy.

Almeida, A. J. d. (2020). Deus Cérebro Panavideo; RTP.

Referências

Anjan Chatterjee, O. V. (2014). Neuroaesthetics. Trends in Cognitive Sciences, 18(7). https://doi.org/ http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2014.03.003

Anomaly, J., & Jones, G. (2020). Cognitive Enhancement and Network Effects: how Individual Prosperity Depends on Group Traits. Philosophia. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11406-020-00189-3

Anthony Ashley Cooper, E. o. S. (1737). Characteristicks of Men, Manners, Opinions, Times, vol. 2. Liberty Fund. https://oll.libertyfund.org/title/uyl-characteristicks-of-men-manners-opinions-times-vol-2.

Arnheim, R. (1974). ART AND VISUAL PERCEPTION A Psychology of the Creative Eye. University of California Press.

Aschenbrenner, K., & Holther, W. B. (1954). Reflections on Poetry

Alexander Gottlieb Baumgarten´s Meditationes philosophicae de nonnullis ad poema pertinentibus. University of California Press.

Audira, G., Sarasamma, S., Chen, J.-R., Juniardi, S., Sampurna, B. P., Liang, S.-T., Lai, Y.-H., Lin, G.-M., Hsieh, M.-C., & Hsiao, C.-D. (2018). Zebrafish Mutants Carrying Leptin a (lepa) Gene Deficiency Display Obesity, Anxiety, Less Aggression and Fear, and Circadian Rhythm and Color Preference Dysregulation. International Journal of Molecular Sciences. https://doi.org/10.3390/ijms19124038

Baptista, C. (2002). Leptina. Acta Médica Portuguesa.

Barcelona, I. (2021). Institute for Research in Biomedicine https://www.irbbarcelona.org/en/outreach/public-engagement/art-and-science/artist-residence-programme

Bardin, L. (1979). Análise de Conteúdo. Ediçoes 70.

Baylis, F. (2019). Altered Inheritance: CRISPR and the Ethics of Human Genome Editing. Harvard University Press.

Ben-Jacob, E. (2008). Social behavior of bacteria: from physics to complex organization. THE EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL B, 65. https://doi.org/10.1140/epjb/e2008-00222-x

Benesch, O. (1957). Hieronymus Bosch and the Thinking of the Late Middle Ages. Konsthistorisk tidskrift/Journal of Art History, 26, 103-127.

BERNARD, J. H., D.D., & D.C.L. (1914). Kant´s critique of judgment. MACMILLANAND CO., LIMITED.

Beveridge, W. I. B. (1957). THE ART OF SCIENTIFIC INVESTIGATION. W. W. Norton & Company INC.

Boden, M. A. (1998). Creativity and Artificial Intelligence. Artificial Intelligence, 103.

Boden, M. A. (2004). THE CREATIVE MIND Myths and mechanisms. Routledge.

Bois, Y.-A. (2007). Klein's Relevance for Today. October, 119, 75-93. https://direct.mit.edu/octo/article/doi/10.1162/octo.2007.119.1.75/56036/Klein-s-Relevance-for-Today

Bolt, A. (2019). Human Nature E. Kirschner.

Bosch, H. (1490-1500). The Garden of Earthly Delights Triptych. https://www.museodelprado.es/en/the-collection/art-work/the-garden-of-earthly-delights/02388242-6d6a-4e9e-a992-e1311eab3609

Bostrom, N. (2019). The Vulnerable World Hypothesis. Global Policy Volume, 10(4).

Referências

Breitenbach, A. (2013). Aesthetics in Science: A Kantian Proposal. Proceedings of the Aristotelian Society, cXiii(1_pt_1), 83-100. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1467-9264.2013.00346.x

Bruyn, E. D. (2001). The Cat and the Mouse (or Rat) in the Left Interior Panel of Hieronymus Bosch's Garden of Delights Triptych: an Iconological Approach. In Jaarboek Koninklijk Museum voor Schone Kunsten Antwerpen, 2001.

Büttner, N. (2014). No flesh in The Garden of Earthly Delights —On the Paintings of Hieronymus Bosch. In F. Ensslin & C. Klink (Eds.), Aesthetics of the Flesh. Sternberg Press.

Büttner, N. (2015). Paintings as Historical Evidence of Artistic Emotions

The Art of Hieronymus Bosch and the Soul of the Artist in Critical Discourse in the Seventeenth Century. In H. Magnus & K. V. d. Stighelen (Eds.), Facts and Feelings: Retracing Emotions of Artists, 1600-1800 (pp. 171-184).

Cameron, D. E., Bashor, C. J., & J.Collins, J. (2014). A brief history of synthetic biology. Nature Reviews Microbiology 12.

Cassam, Q. (2007). The possibility of Knowledge. OXFORD UNIVERSITY PRESS.

Charpentier, E., & Doudna, J. (2013). Rewriting a genome. Nature, 495. https://www.nature.com/articles/495050a.pdf

Conway, B. R. (2012). Color consilience: color through the lens of art practice, history, philosophy, and neuroscience. ANNALS OF THE NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES(The Year in Cognitive Neuroscience). https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2012.06470.x

Crawford, D. W. (2001). THE ROUTLEDGE COMPANION TO AESTHETICS (B. Gaut & D. M. Lopes, Eds.). Routledge.

CUF. (n.d.). Drepanocitose. https://www.cuf.pt/saude-a-z/drepanocitose

Cultures, G. T. G. P. i. G. M. a. (2021). 21st Century Humanities Career Design Studio. https://sites.gatech.edu/c21humanities/2017/09/12/blue-flower/

Damásio, A. (2013). O SENTIMENTO DE SI Corpo, emoção e consciência. Temas e Debates.

Damásio, A. (2017). A estranha ordem das coisas A vida, os sentimentos e as culturas humanas. Temas e Debates.

Damásio, A. (2020). Sentir & Saber A CAMINHO DA CONSCIÊNCIA. Temas e Debates.

Daston, L., & Park, K. (1998). Wonders and the Order of Nature 1150-1750. ZONE BOOKS · NEW YORK.

Diamond, J. (2005). COLLAPSE How Societies Choose to Fail or Succeed. Penguim Books.

Dierendonck, R. v. (2021). Roland van Dierendonck. https://rolandvandierendonck.com/portfolio/return-to-dilmun/

Dodd, A. N., Belbin, F. E., Frank, A., & Webb, A. A. R. (2015). Interactions between circadian clocks and photosynthesis for the temporal and spatial coordination of metabolism. frontiers. https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00245

Dumitriu, A. (2014). Where There's Dust There's Danger [Inatalation]. https://annadumitriu.co.uk/portfolio/where-theres-dust-theres-danger/

Referências

Dumitriu, A. (2017). Investigating the Ethical and Practical Limits of Bioart. In M. T. Charissa N. Terranova (Ed.), The Routledge Companion to Biology in Art and Architecture (Vol. 1, pp. 432-441). Routledge Taylor and Francis Group.

Dumitriu, A. (2020). Anna Dumitriu. https://annadumitriu.co.uk/portfolio/biotechnology-from-the-blue-flower/

E.Gordon, I. (2005). Theories of Visual Perception. Taylor & Francis e-Library.

Elgin, C. Z., Meynell, L., Todd, C., Ivanova, M., Dokic, M. A. J., Bird, A., & Murphy, A. (2020). The Aesthetics of Science

Beauty, Imagination and Understanding (M. Ivanova & S. French, Eds.). Routledge Taylor&Francis Group.

FER, B. (2007). Eva Hesse and Color. October (119), 21-36. https://doi.org/10.1162/octo.2007.119.1.21

Ferreira, F. C. (2021). Primeira Pessoa. RTP1.

Feynman, R. P. (1949). Space-Time Approach to Quantum Eletrodynamics. Physical Review, 76(6).

Forsdyke, D. R. (2011). Evolutionary Bioinformatics. In (pp. 189-204). Springer, New York, NY. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7771-7_10

Foundation, T. J. a. A. A. (2021). The Josef & Anni Albers Foundation.

Fraassen, B. C. v. (2008). Scientific Representation Paradoxes of Perspective. Clarendon Press

Friston, M. J. D. R. P. B. B. K. J. (2018). Answering Schrödinger's question: A free-energy formulation. Physics of Life Reviews 24. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.plrev.2017.09.001

Fry, M. (2016). Landmark Experiments in Molecular Biology. Elsevier Inc.

Gesche Westphal-Fitch, W. T. F. (2018). Bioaesthetics: The evolution of aesthetic cognition in humans and other animals. In A. G. Julia F. Christensen (Ed.), Progress in Brain Research (Vol. 237, pp. 3-24). Elsevier. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2018.03.003

Ginsberg, A. D., Calvert, J., Schyfter, P., Elfick, A., Endy, D., Mansy, S., & Pohflepp, S. (2014). Synthetic Aesthetics

Investigating Synthetic Biology's Designs on Nature. Massachusetts Institute of Technology.

Giovanni Emanuele Corazza, T. L. (2021). Intelligence and Creativity: Mapping Constructs on the Space-Time Continuum. Journal of Intelligence, 9(1). https://doi.org/ https://doi.org/10.3390/jintelligence9010001

Goldstein, J. L. (2018). What Makes a Piece of Art or Science a Masterpiece? Cell(175). https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.08.026

Gordon, I. E. (2004). Theories of Visual Perception.

Greely, H. T. (2016). THE END OF SEX and the Future of Human Reproduction. Harvard University Press.

Groten, J., Venkatraman, A., & Mertelsmann, R. (2018). Precision Medicine. In M. K. Hans-Peter Deigner (Ed.). Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805364-5.09993-5

Guyer, P. (2005). Values of Beauty: Historical Essays in Aesthetics. Cambridge University Press.

Hanich; W. M. V. W. J., & Koelsch;, E. W. T. J. S. (2017). The Distancing-Embracing model of the enjoyment of negative emotions in art reception.

Referências

BEHAVIORAL AND BRAIN SCIENCES. https://doi.org/10.1017/S0140525X17000309

Harris, N. (2021). THE LION IN MEDIEVAL WESTERN EUROPE: TOWARD AN INTERPRETIVE HISTORY.

Hayden, E. C. (2016). Tomorrow's children What would genome editing really mean for future generations? Nature, 530. https://www.nature.com/articles/530402a.pdf

Henri Schildt, S. M., Joep Cornelissen. (2020). Power in Sensemaking Processes. Sage Journals, 41(2), 241-265. https://doi.org/https://doi.org/10.1177/0170840619847718

Hitchins, S. G. (2014). Art as History, History as Art

Jheronimus Bosch and Pieter Bruegel the Elder assembling knowledge not setting puzzles Radboud Universiteit Nijmegen]. Brepols Publishers n.v., Turnhout, Belgium.

Hofstadter, A., & Kuhns, R. (1964). Philosophies of ART and Beauty (A. Hofstadter & R. Kuhns, Eds.). The University of Chicago Press.

Hooke, R. (1665). Micrographia. The Royal Society. https://royalsociety.org/

Hutcheson, F. (1726). An Inquiry into the Original of Our Ideas of Beauty and Virtue. https://oll.libertyfund.org/title/leidhold-an-inquiry-into-the-original-of-our-ideas-of-beauty-and-virtue-1726-2004

Jennifer Beamish, T. T. (2019). The Creative Brain Netflix.

Jens Forster, R. S. F., Nira Liberman. (2004). Temporal Construal Effects on Abstract and Concrete Thinking:

Consequences for Insight and Creative Cognition. Journal of Personality and Social Psychology, 87(2), 177-189. https://doi.org/10.1037/0022-3514.87.2.177

John Kounios Mark Beeman. (2014). The Cognitive Neuroscience

of Insight. Annual Review of Psychology. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010213-115154

John; C. D. W. C. S. D. M. K. R. S. E. (2005). THE ROUTLEDGE COMPANION TO AESTHETICS (B. G. D. M. Lopes, Ed.). Routledge.

Jorge Duro-Royo, J. V., Andrea Ling, Yen-Ju Tai, Nicolas Hogan, Barrak Dareweesh, Neri Oxman. (2018). Designing a tree: Fabrication Informed Dgital Design and Fabrication of Hierarchical Structures international association for shell and spatial structures

Kaiser, D. (2005). Physics and Feynman´s Diagrams. American Scientist, 93. https://web.mit.edu/dikaiser/www/FdsAmSci.pdf

Kandinsky. (1954). Do espiritual na arte (P. D. Quixote, Ed. 8º ed.). (1954)

Karl, F. (2012). A Free Energy Principle for Biological Systems. Entropy, 14. https://doi.org/10.3390/e14112100

Kelly, J. L. (2011). Renaissance Futures: Chance, Prediction, and Play in Northern European Visual Culture, c. 1480-1550 UC Berkeley].

Kemp, M. (2016). Structural Intuitions (U. o. V. Press, Ed.)

Kieran, M. (2005). revealing art. Routledge.

Killgrove, K. (2021). A Most Interesting Problem (J. M. DeSilva, Ed.). Princeton university press.

Koerner, J. (2004). Impossible Objects

Bosch's realism. Res

Anthropology and aesthetics, 46.

Referências

Kreuzbauer, R. (2017). What is art and how does it differ from aesthetics? BEHAVIORAL AND BRAIN SCIENCES. https://doi.org/10.1017/S0140525X17001765

Kurzweil, R. (2006). The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology. Penguin Publishing Group.

l'Anglais, B. (1479-1480). Livre des propriétes des choses. In B. n. d. France. (Ed.). https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b10532588f/f11.item#: Bibliothèque nationale de France.

Lafond, P. (1914). Hieronymus Bosch: son art, son influence, ses disciples. https://doi.org/https://doi.org/10.11588/diglit.26139

Levinson, J. (2005). The Oxford Handbook of Aesthetics.

Liljeruhm, J., Funk, S. K., Tietscher, S., Edlund, A. D., Jamal, S., Wistrand-Yuen, P., Dyrhage, K., Gynnå, A., Ivermark, K., Lövgren, J., Törnblom, V., Virtanen, A., Lundin, E. R., Wistrand-Yuen, E., & Forster, A. C. (2018). Engineering a palette of eukaryotic chromoproteins for bacterial synthetic biology. Journal of Biological Engineering, 12(8). https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s13036-018-0100-0

Lorris, G. d. (1330-1340 C.E). Le Roman de la Rose. In C. U. Library (Ed.). Cambridge University Library Digital Library.

Lovejoy, A. O., & Boas, G. (1973). PRIMITIVISM AND RELATED IDEAS IN ANTIQUITY. OCTAGON BOOKS.

M. Boccia, S. B., L. Piccardi, C. Guariglia,F. Ferlazzo,A.M. Giannini. (2015). Where does brain neural activation in aesthetic responses to visual art occur? Meta-analytic evidence from neuroimaging studies. Neuroscience and Biobehavioral Reviews. https://doi.org/

http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.09.009

Maddox, B. (2003). The double helix and the 'wronged heroine'. Nature, 421, 407-408.

MEDICINE, T. N. A. o. S. E. (2015). International Summit on Human Gene Editing: A Global Discussion (2015). Retrieved 22-02-2021 from www.nacionalacademies.org

Metzl, J. (2020). Manipular Darwin: COMO A ENGENHARIA GENÉTICA ESTÁ A MUDAR O FUTURO DA HUMANIDADE (P. C. e. Guerra, Trans.; L. C. Real, Ed. Ediçoes saída de Emergência ed.).

Michael A. Peters, T. B. (2018). The Royal Society, the making of 'science' and the social history of truth. Educational Philosophy and Theory, 51(Educational ills and the (im)possibility of utopia), 227-232. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00131857.2017.1417180

Michael, M. (2018). HIERONYMUS BOSCH'S THE GARDEN OF EARTHLY DELIGHTS The Senses and the Soul in Dream and Awakening. PubliQation-Wissenschaft veroffentlichen.

Myers, W. (2012). Bio Design: nature science creativity (2018 ed.). Thames & Hudson.

Myers, W. (2015). Bio Art: Altered Realities. Thames & Hudson Ltd.

P. Sarasso, M. N.-M., K. Sacco, I. Ronga. (2020). "Stopping for knowledge": The sense of beauty in the perception-action cycle. Neuroscience and Biobehavioral Reviews https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.09.004

Parker, E. (2020). The Ship of Fools: Hieronymus Bosch in Response to Sebastian Brant. 22.

Referências

Platão. (360 B.C.E). Statesman. In. http://classics.mit.edu/Plato/stateman.html.

Popper, K. (2002). The Logic of Scientific Discovery. Routledge Classics.

Project, B. R. a. C., Nijmegen, R. U., 's-Hertogenbosch, S., & geschiedenis, H. I. v. N. (2016). BoschDoc https://boschdoc.huygens.knaw.nl

Rescorla, M. (2019). Bayesian modeling of the mind: From norms to neuron. WIREs Cognitive Science. https://doi.org/10.1002/wcs.1540

Rierola, A. Anna Rierola. http://www.annarierola.com/

Root-Bernstein, R., Dyke, M. V., Peruski, A., & Root-Bernstein, M. (2019). Correlation between tools for thinking; arts, crafts, and design avocations; and scientific achievement among STEMM professionals. PNAS. https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1807189116

Root-Bernstein, R., & Root-Bernstein, M. (2004). ARTISTIC SCIENTISTS AND SCIENTIFIC ARTISTS: THE LINK BETWEEN POLYMATHY AND CREATIVITY. In Creativity: From potential to realization (pp. 127-151). American Psychological Association.

Root-Bernstein, R. R.-B. M. (1999). Sparks of Genius. Houghton Mifflin Company.

Ruffell, D. (2021). Art and Science break boundaries in The Garden of Earthly

Delights. FEBS Letters, 595.

Sánchez-Dorado, J., Bueno, O., & French, S. (2018). Thinking about Science, Reflecting on Art Bringing Aesthetics, and philosophy of Science Together (O. Bueno, G. Darby, S. French, & D. Rickles, Eds.). Routledge.

Sautoy, M. D. (2019). O código da criatividade: como a inteligência artificial está a aprender a escrever, a pintar, a pensar (T. e. Debates, Ed. abril 2020 ed.). Temas e Debates.

Schedel, H. (1493). Liber Chronicarum. In U. o. Cambridge (Ed.). University of Cambridge Digital Library: Cambridge University Library.

Schindler, S. (2008). Model, Theory, and Evidence in the Discovery of the DNA Structure. British Society for the Philosophy of Science, 59, 619-658.

Schnugg, C. (2019). CREATING ARTSCIENCE COLLABORATION — Bringing Value to Organizations. Palgrave Studies in Business, Arts and Humanities. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-04549-4

Seth, A. K. (2019). From Unconscious Inference to the Beholder's Share: Predictive Perception and Human Experience. European Review, 27(3). https://doi.org/10.1017/S1062798719000334

Seyfried, G. (2004). Institute fuer Polycinease. http://www.polycinease.com

Silver, L. (2009). Jheronimus Bosch and the Issue of Origins. Journal of Historians of Netherlandish Art, 1(1). https://doi.org/10.5092/jhna.2009.1.1.5

Sinsheimer, R. L. (1966). The end of the beginning Caltech's 75th Anniversary Conference, https://calteches.library.caltech.edu/2532/1/theend.pdf

Smith, R. S. H. (2018). Hybrid Living Materials: A Digital Fabrication Platform for Functional Bacterial Technologies MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY]. Massachusetts Institute of Technology 2018.

Squier, S. M. (2017). Epigenetic Landscapes: Drawing as a Metaphor. Duke University Press.

Stamatopoulou, D. (2017). Empathy and the aesthetic: Why does art still move us? Cogn Process, 19. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10339-017-0836-3

Tainter, J. A. (1988). The Collapse of Complex Societies. Cambridge University Press.

Tomohiro Ishizu, S. Z. (2011). Toward A Brain-Based Theory of Beauty. PLOS ONE. https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021852

Vandenbroeck, P. (2015). Hieronymus Bosch. Grove Art Online. https://doi.org/https://doi.org/10.1093/gao/9781884446054.article.T010250

Vandenbroek, P. (2016). The Axiology and Ideology of Jheronimus Bosch. In P. S. Maroto (Ed.), Bosch: The 5th century exhibition.

Vessel, I. B. E. (2006). Perceptual Pleasure and the Brain. American Scientist, 94(3). https://doi.org/https://doi.org/10.1511/2006.59.247

Wada, N., Ueta, R., Osakabe, Y., & Osakabe, K. (2020). Precision genome editing in plants: stateof-the-art in CRISPR/Cas9-based genome engineering. BMC Plant Biology.

Wagemans, E. V. G. J. (2018). ORDER, COMPLEXITY, AND AESTHETIC APPRECIATION. American Psychological Association. https://doi.org/10.1037/aca0000224

Weick, K. E. (1995). Sensemaking in Organizations. Sage Publications.

WEISBERG, R. W. (2004). ON STRUCTURE IN THE CREATIVE PROCESS:

A QUANTITATIVE CASE-STUDY OF THE CREATION OF PICASSO'S GUERNICA. EMPIRICAL STUDIES OF THE ARTS, 22.

Weisberg, R. W. (2006). Creativity

Understanding Innovation in Problem Solving, Science, Invention and the Arts. John Wiley & Sons, Inc.

Weisberg, R. W., & Reeves, L. M. (2013). COGNITION

From memory to creativity. John Wiley & Sons, Inc.

William F. Schulz, S. R. (2020). The Comming Good Society: Why New Realities Demand new Rights. Harvard University Press.

Wong, W. (2014). PRINCIPIOS DE FORMA E DESENHO. wmf martinsforntes.

Yen-Ju T. TAI, C. B., Andrea S. Ling, Jean Disset, Barrak Darweesh, Jorge Duro-Royo, Josh Van Zak, Nicolas Hogan, Neri Oxman. (2018). Designing (for) Decay: Parametric Material Distibution for Hierarchical Dissociation of Water-based Creativity in Structural Design,

Zeki, S., Romaya, J. P., Benincasa, D. M. T., & Atiyah, M. F. (2014). The experience of mathematical beauty and its neural correlates. Frontiers in Human Neuroscience, 8.

Zeki, T. I. S. (2014). A neurobiological enquiry into the origins of our experience of the sublime and beautiful. Frontiers in Human Neuroscience. https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00891

ZUCKERT, R. (2007). KANT ON BEAUTY AND BIOLOGY

An Interpretation of the Critique of Judgment (U. o. C. Robert B. Pippin, Ed.). CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.

7. Apêndices

Artists Interview

This interview was designed for artists that interact with the scientific conceptual spaces in order to explore and expand artistic thinking and practice.

In order to collect useful insights for our investigation the questions are categorized in three main areas: Creativity, aesthetics and intuition; Co-creation and collaboration and finally Technologies with artistic potential.

Introduction and context

- Introduction of the interviewer and interviewee
- Permission to audio and video recording (if applied)
- Interview context and its importance in this investigation

Interviewee

Name:

Affiliation:

Primary research area:

Areas of interest:

Date:

Creativity, aesthetics and intuition

If we think about worldwide influential creative minds we may think of Picasso, Mozart, Einstein or Leonardo. We then can ask what they have in common.

1. Before we begin, would you mind telling me a bit about yourself?
2. Can you tell me a bit about your current project?
3. Tell me about the last time you visited an art gallery?
4. In your perspective, which are the key characteristics of an artistic mind?
5. Can you identify three names that you associate with highly creative minds? Why?
6. How do you define creativity?
7. Do you think that intuition is a requirement for innovation?
8. In your opinion, what are the key dimensions of artistic thinking?
    8.1. Why?
    8.2. Can you tell us about a key moment in your artistic practice where you unequivocally acknowledge an insightful creative thought?
9. Do you think there is any aesthetic judgment in the artistic research process?
    9.1. And what about intuition?

Co-creation and collaboration

Questioning the world and creativity are present in both artistic and scientific productions. What if we merge the conceptual spaces of art and science? What will the artwork of the future be like?

10. Do you consider the collaborative dimension important for the expansion of scientific and artistic thinking? If so, why?
11. Can you identify challenges involved in collaborative processes of co-creation?
    11.1. In your perspective how can they be addressed?
12. In your artistic practice do you ever had any kind of collaboration with scientists?

    If the answer to question 12 was **Yes**:

    12.1. Can you tell us about that experience?

    12.2. Do you think that art benefits when interacts with science and scientists?

    12.3. Do you think that the artistic perspective can be enhanced when interacting with scientific knowledge?

    If the answer to question 12 was **No**:

    12.4. If you had the opportunity, would you accept to start an research project with a scientist?
13. Do you consider that art— science collaboration helps us introspect about the ethical issues that are currently proposed to us as society?

Technologies

14. Speculate about the potential of exploring scientific and medical technologies and ideas in art.
15. Do you know any gene editing or gene manipulation technology?
16. Can you identify scientific or medical technologies with artistic potential? Why?
17. Do you conceive of CRISPR as a technology artistic potential?
18. Do you know any artistic project that explores technologies typically associated with medical or scientific practices?

If the answer to question 18 was **Yes**:

18.1. To what extent that experience was different?

19. Do you have anything else you'd like to share?

Scientists Interview

This interview was designed for scientists that interact with the artistic conceptual spaces in order to explore and expand the scientific/artistic thinking and practice.

In order to collect useful insights for our investigation the questions are categorized in three main areas: Creativity, aesthetics and intuition; Co-creation and collaboration and finally Technologies with artistic potential.

Introduction and context

- Introduction of the interviewer and interviewee
- Permission to audio and video recording (if applied)
- Interview context and its importance in this investigation

Interviewee

Name:

Affiliation:

Primary research area:

Areas of interest:

Date:

Creativity, aesthetics and intuition

If we think about worldwide influential creative minds we may think of Picasso, Mozart, Einstein or Leonardo. We then can ask what they have in common.

1. Before we begin, would you mind telling me a bit about yourself?
2. Can you tell me a bit about your current research?
3. Tell me about the last time you visited an art gallery?

4. In your perspective, which are the key characteristics of a scientific mind?

5. Can you identify three names that you associate with highly creative minds? Why?

6. How do you define creativity?

7. Do you think that intuition is a requirement for innovation?

8. In your opinion, what are the key dimensions of scientific thinking?

    8.1. Why?

    8.2. Can you tell us about a key moment in your scientific practice where you unequivocally acknowledge an insightful creative thought?

9. Do you think there is any aesthetic judgment in the scientific research process?

    9.1. And what about intuition?

Co-creation and collaboration

Questioning the world and creativity are present in both artistic and scientific productions. What if we merge the conceptual spaces of art and science? What Will the artwork of the future be like?

10. Do you consider the collaborative dimension important for the expansion of scientific and artistic thinking? If so, why?

11. Can you identify challenges involved in collaborative processes of co-creation?

    11.1. In your perspective how can they be addressed?

12. In your scientific practice do you ever had any kind of collaboration with artists?

    If the answer to question 12 was **Yes**:

    12.1. Can you tell us about that experience?

    12.2. Do you think that science benefits when interacting with art and artists?

12.3. Do you think that the scientific perspective can be enhanced when interacting with artistic knowledge?

If the answer to question 12 was **No**:

12.4. If you had the opportunity, would you accept to start an research project with an artist?

13. Do you consider that art— science collaboration helps us introspect about the ethical issues that are currently proposed to us as society?

Technologies

14. Speculate about the potential of exploring scientific and medical technologies and ideas in art.
15. Do you know any gene editing or gene manipulation technology?
16. Can you identify scientific or medical technologies with artistic potential? Why?
17. Do you conceive of CRISPR as technology artistic potential?
18. Do you know any artistic project that explores technologies typically associated with medical or scientific practices?

If the answer to question 18 was **Yes**:

18.1. To what extent that experience was different?

19. Do you have anything else you'd like to share?

KJ Technique

As an important cognitive bias, the framing effect shows that our decision preferences are sensitive to the verbal description (i.e., frame) of options (Liu et al, 2020). In order to minimize opinion adoption aiming at social acceptability we select the KJ Technique, developed in 1960 by a Japanese ethnologist, Jiro Kawakita, who believed that this methodology has the potential of liberating humanity from some civilizational impositions (Scupin, 1997).

This technique also has the advantage of enabling the group to focus, silently, in just one question, thus eliminating distractions and unnecessary discussions.

Introduction and context

Everyone in the i3S convenience group is provided with access to Mural asked to write as many problems, insights, data, or opinions as they can think of—in silence.

Estimated time: 30 (preparation) + 30 min.

Target audience

Scientists and artists.

Since all our participants are selected among i3S collaborators we will ask them to engage in this activity anonymously. This way we will minimize the context influence in their decisions (Vlaev & Chater, 2006).

Focus Question

Is the use of scientific technologies in artistic practice beneficial for innovation and society progress?

Session

All the pre-session collected data will be available to all the participants. It will be possible to add new data and reorganize it in any way the participants decide — affinity diagram.

Results



Figura 94 —*KJ Technique*

Tematic charts

Creativity

Tabela 18 —*Criatividade*

Creativity			
	Mind	*Present when*	*Absent when*
I8— Scientist		combining	
I5— Scientist	Open; humble; inquisitive		
I1— Artist	attention	enable a multitude of references in the way we organize and manipulate	when our actions seem senseless; nor intelligently framed
I10— Scientist		unexpected connections between previous concepts	
I6— Scientist &A	Curious; brave; skilled.		
I11— Scientist &A	flexible	explore the world around them. Flexibility of mental lenses to see the world around you.	
I2— Artist &S		imagining new ideas; combining different things	
I9— Scientist		innovative. find new ways to solve problems	

Transformative creativity

Tabela 19 — *Criatividade transformativa*

	Transformative Creativity		
	Characteristics		
I10—Scientist	envisioned concepts	making a revolutionary impact	
I11—Scientist &A	And when the perspectives didn't suffice they invented new ones.		
I5— Scientist	An ability to see things in novel and different ways	ability to shift perspective	
I7— Scientist	transformative ideas	Ideas and evidence that cause us to question some of our most cherished dogmas.	
I8— Scientist	beyond others	master of the interplay	generate new concepts unaligned

Aesthetics

Tabela 20 — *Estética*

	Aesthetics			
	in art	*in science*	*not present in science*	*not necessarily present in science*
I1— Artist	the composition the balance, beauty sublime			
I7— Scientist		Noticing symmetries parallels Finding the clearest demonstration of a new idea or fact		
I8— Scientist		The ideal of beauty is always present in biology		
I6— Scientist &A		Instead of a looking at a canvas, scientists look through microscopes to see the world of microbes imagine the dance of proteins traveling throughout the cell.		aesthetic judgement can be involved in the scientific research
I9— Scientist		a biological mechanism is elegant when it's clear and convincing – I think that's the closest I get to an aesthetic judgement.	I know the question of beauty often come up in the discussion of art and science, but I don't really see a role for aesthetics in my own research process.	

Intuition

Tabela 21 —*Intuição*

	Intuition
	sense of
I6— Scientist &A	Intuition drives the decisions we make. intuition is informed by our life experiences, our knowledge, schooling It is developed by trying, failing, reworking your new approach, and trying again. Intuition is definitely involved in the scientific process.
I9— Scientist	Intuition is absolutely essential. I consider intuition the human capacity to integrate many different types of information and use it to get ideas of where to go next, and that is absolutely crucial for scientific research.

Scientific Mind and Scientific Research

Tabela 22 —*A mente e a investigação científica*

Scientific Mind and Scientific Thinking			
	Scientific Mind	*Scientific Thinking*	*Why*
I8— Scientist	Inquisitive; unbiased; creative; critical thinking	Creativity; critical thinking; problem solving	essential for the identification of unanswered questions, design of ways of testing and developing novel hypotheses
I5— Scientist	Open; humble; inquisitive	Rigor, open mindedness, constant questioning, lack of attachment to dogma, confidence to defy logic	
I10—Scientist	Objectivity; Curiosity; creativity	the question, the other is the hypothesis and the third is the method to test the hypothesis.	we need to find creative ways to test these hypotheses. convincing result whether our hypothesis is correct or wrong.
I6— Scientist &A	curiosity; wonder as a starting point want to show the true nature of reality; great respect for the subject they are focusing on		
I9— Scientist	strong drive; not shying away from hard work; Striving to avoid bias	Unbiased approaches; Drawing conclusions on basis of evidence; Avoiding spurious speculations; innovate on basis of previous work, own or others	basis of data that can be collected in a way that is objective as possible. most insights build on accumulated microinsights.
I11—Scientist &A	curiosity; wonder as a starting point; great respect for the subject they are focusing on		want to show the true nature of reality

Artistic Mind and Artistic Research

Tabela 23 — *A mente e a investigação artística*

Artistic mind and artistic research			
	Artistic mind	*Artistic research*	*Why*
I3—Artist	creativity; purpose; work		
I1—Artist	assesses critically everything ; lets the sensitivity flow|; experimentation; chance	awareness	
I7— Scientist	Artists ask: "why not?"	they imagine and make technologies without requiring an obvious logic or utility.	
I11—Scientist &A	curiosity; wonder as a starting point; great respect for the subject they are focusing on;	very important in getting your message across	want to show the true nature of reality
I4—Artist	Creativity; initiative; discipline		
I2— Artist &S	thinking laterally; associating a lot; follow up on any serendipitous idea; visual thinkers; imagine things before make them	Vertical dimension, in a sense that artistic thinking can really go from the down the earth to the heavens, from the mythological to scientific for example hybrids of different worlds.; always thinking about where its goanna ends up and how the final project will look; this really feasible or not or will work to that public.	Curiosity because it's, hum, you need to be curious, and you need also to honor your questions and ideas.

Co-Creation and collaboration

Tabela 24 — *Concriação e colaboração*

Co-Creation and collaboration			
	Advantages	*Challenges*	*address challenges*
I3 — Artist	Sometimes the ideals are similar but the ways of representing them are different and sometimes it's a challenge, but in a very good way.		approached as interesting challenges to overcome; The idea behind the project must be appealing to both fields involved
I1 — Artist	it widens our horizons. the opportunity of discovering		
I6 — Scientist &A	benefit can be directly correlated to how open both collaborators are to establishing a shared language and their attempts to understand a different point of view	Not having a shared language; The tools of the lab; the scientific process can be foreign,	patience; open mind; willingness to establish a shared language; Don't feel pressure to rush it; engaging deeply willing to step outside of their comfort zone to communicate give all collaborators time to learn. The most successful collaborations I have witnessed take place over a longer period of time.

Co-Creation and collaboration			
	Advantages	*Challenges*	*address challenges*
I11—Scientist &A	science can benefit from art and artists because they allow for more freedom in outcomes even if the current information does not yet reach that far; getting insights from sciences into peoples lives; getting people to act on that information; Emotion moves people and artists know how to reach and touch people. artists can benefit from scientific knowledge. First, in the wealth of subjects, novel ways of looking at the world, machines and insights; the scientific method can be helpful for a lot of artists difference in perspective and goals gives a valuable new way of looking at progress and innovation	The difference in language, in goals, in means of reaching those goals; both groups have prejudices about another; Scientists are much more grounded; The artists are looking further ahead	Exposure to each other, to each others methods, to each others practices, to each others personalities. need time to get out of their own "I'm-correct-trench" cross the field and get to the unreached middleground.
I2— Artist &S	enables some projects to be possible otherwise would have not been possible; new fields of art opens up	not always explicit who has the most power to make decisions in a collaboration	talk about it; decide who is making the final decisions; accept that in one project you are the lead developer and another one you are more helpers; make a prototype

Co-Creation and collaboration			
	Advantages	*Challenges*	*address challenges*
I9— Scientist	interactions affect how I look at my research	learning to communicate with somebody from a different field; requires both gaining reasonable insight into the field the collaborator work in; earning to talk about your own field in a way that is understandable to somebody who isn't from the field	for collaboration to be constructive you need to have time; Time is important not only for communication but also to develop trust.
I8— Scientist		Different languages, different ways of behaving and seeing the world.	
I10—Scientist		The need to find a compromise between the individual and the collective goals and ideas; time I would have to be involved	Talking about it; aiming for the most pure co-creation as the perfect mix of all individuals.
I7— Scientist		Some scientists are frustrated by artists who paint science in a poor light Busyness	
I4—Artist		Creativity, Imagination, Research & Study	
I5— Scientist	group think can lead to conservatism or sqashing idea		working with the right people; share the mission

Co-Creation, collaboration, ethics, and society

Tabela 25 — *Concriação, colaboração, ética e sociedade*

	Co-Creation and collaboration	
	and ethics	*and society*
I1—Artist	I think ethic related questions are personal. Although the knowledge provided by science can promote a more informed conscience;	
I10—Scientist	Artists often tell stories through the creation of their art, which has the potential to communicate ethical issues to the general public; Art can also more accessible than science to the public it can be difficult for the public to access and understand scientific research.	
I11—Scientist &A	I feel that in a broad sense scientists are more interested in how it works and what is possible. Not necessarily why it should be possible artists are more interested in what it does to us humans, on a individual level but also as a society or as humankind as a whole;	difference in perspective and goals gives a valuable new way of looking at progress and innovation
I2— Artist &S	I think that the other aspect of this question is that artists have questions which scientists don't.	
I6— Scientist &A	Artists often tell stories through the creation of their art, which has the potential to communicate ethical issues to the general public; Art can also more accessible than science to the public;	it can be difficult for the public to access and understand scientific research.

Technologies

Tabela 26 —*Tecnologias*

Technologies				
	Technologies	*CRISPR*	*Dissuaded*	*Suggested*
I1—Artist	Currently art has been influenced by great technological development and aims to try other paths; may alow closer relationship between art and science			X Ray; magnetic resonance imaging
I2— Artist &S	artwork questioning how Medical Students see the female reproductive system; microscopy will always trigger curiosity and wonderment because you can see the invisible to the world, that is normally invisible to us; apart from the technologies I think another important part is the rituals associated with medical and scientific practices; it is not the technology itself but ways of thinking about it and playing with it, is about artists being very playful and using it in unintended ways.	not potential anymore at this time you can write the artistic CRISPR Art book. CRISPR I think in my mind that we are kind beyond that because so many people use CRISPR in art.		microscopy DNA data storage
I3—Artist	some materials have artistic potential			
I4—Artist	Neuro-science & Bio-technology, because they work with mind and body, as well as art does			
I11—Scientist &A	almost all possibilities; It gives more depth or more layers to the artwork in my experience.	There is also something mystical about the science behind genetic modificiation.	a direct medical or military purpose	

Technologies				
	Technologies	*CRISPR*	*Dissuaded*	*Suggested*
I5— Scientist	microscopy	Not really		
I6— Scientist &A	all technologies have potential. It's up to the artist to decide how they want to engage with them.			
I7— Scientist	Libraries. Collections of ideas made real and tested for form and/or function; life experience (i.e. developmental lineage info) of each cell in a mouse by writing messages in DNA (about 4 trillion bits per mouse). This can be thought of as a auto-autobiography.			developmental biology tools to make any shape
I8— Scientist	Many of the scientific technologies used in cell biology, in different types of microscopy	Yes		
I9— Scientist	course there is a great potential to explore these technologies and ideas in art	this is not something I think about		
I10—Scientist		or any other genetic manipulation has certainly artistic potential by opening new possibilities change form, colour, behaviour but I have mixed feeling regarding ethical concerns.		Microscopy images are particularly beautiful and can be used to make pictures appreciated not just by its aesthetics but also by creating analogies with other artistic patterns/concepts.

8. Anexos

COMMENT

MATERIALS Beyond graphene — three steps to more 2D semiconductors **p.169**

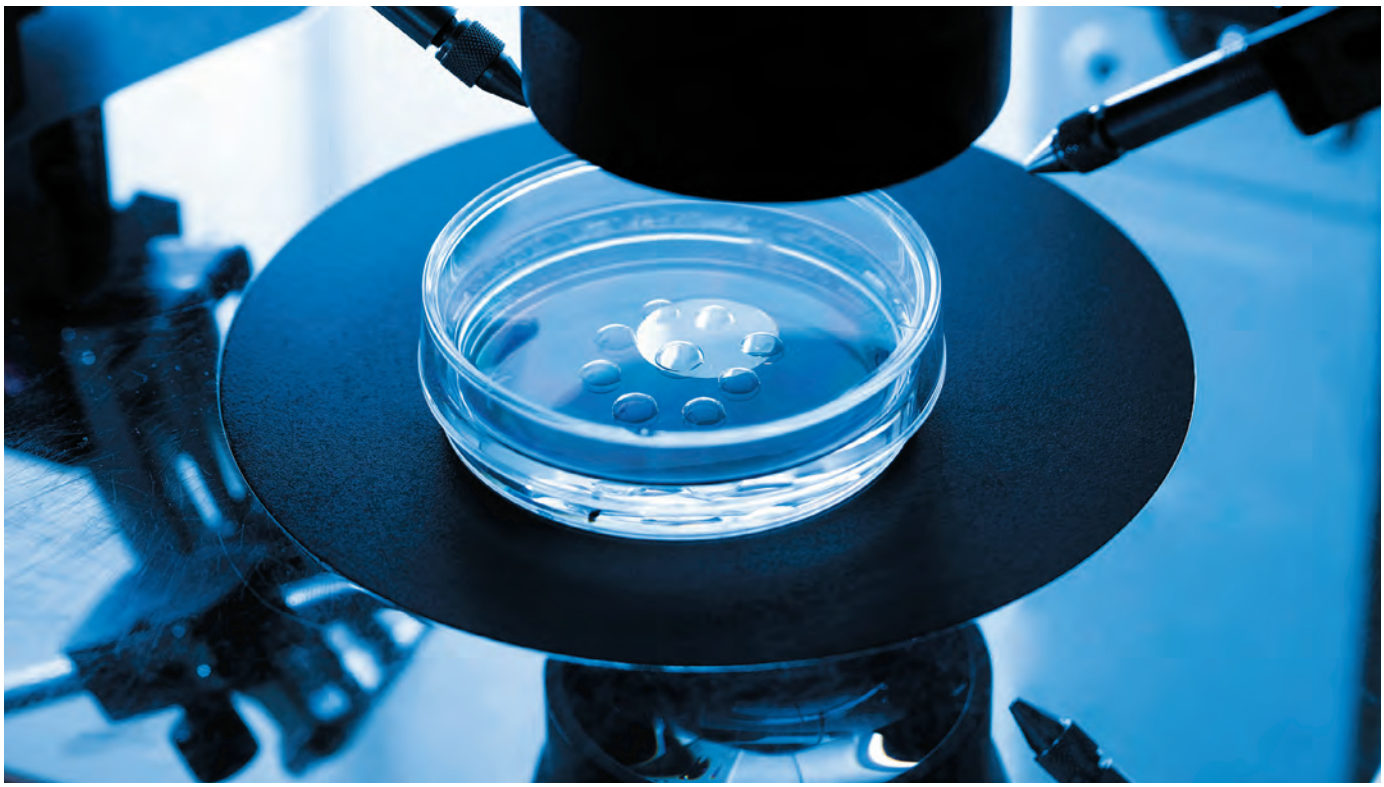
MEDICINE Could artificial intelligence put the care back into health care? **p.172**



GERMLINE EDITING NIH endorses moratorium and academies plan next steps **p.175**

OBITUARY Walter Munk, oceanographer extraordinaire, remembered **p.176**

SPL



Embryos cultured as part of *in vitro* fertilization can be screened for genetic diseases.

Adopt a moratorium on heritable genome editing

Eric Lander, Françoise Baylis, Feng Zhang, Emmanuelle Charpentier, Paul Berg and specialists from seven countries call for an international governance framework.

We call for a global moratorium on all clinical uses of human germline editing — that is, changing heritable DNA (in sperm, eggs or embryos) to make genetically modified children.

By 'global moratorium', we do not mean a permanent ban. Rather, we call for the establishment of an international framework in which nations, while retaining the right to make their own decisions, voluntarily commit to not approve any use of clinical germline editing unless certain conditions are met.

To begin with, there should be a fixed period during which no clinical uses of germline editing whatsoever are allowed. As well as allowing for discussions about the technical, scientific, medical, societal, ethical and moral issues that must be considered before germline editing is permitted, this period would provide time to establish an international framework.

Thereafter, nations may choose to follow separate paths. About 30 nations currently have legislation that directly or indirectly bars all clinical uses of germline editing[1], and they might choose to continue the moratorium indefinitely or implement a permanent ban. However, any nation could also choose to allow specific applications of germline editing, provided that it first: gives public notice of its intention to consider the application and engages for a defined period in international consultation about the wisdom of doing so; determines through transparent evaluation that the application is justified; and ascertains that there is broad societal consensus in ▶

© 2019 Springer Nature Limited. All rights reserved.

the nation about the appropriateness of the application. Nations might well choose different paths, but they would agree to proceed openly and with due respect to the opinions of humankind on an issue that will ultimately affect the entire species.

To be clear, our proposed moratorium does not apply to germline editing for research uses, provided that these studies do not involve the transfer of an embryo to a person's uterus. It also does not apply to genome editing in human somatic (non-reproductive) cells to treat diseases, for which patients can provide informed consent and the DNA modifications are not heritable.

The 18 signatories of this call include scientists and ethicists who are citizens of 7 countries. Many of us have been involved in the gene-editing field by developing and applying the technology, organizing and speaking at international summits, serving on national advisory committees and studying the ethical issues raised.

Here, we lay out why we think such a moratorium is now warranted, and illustrate how an international framework might work.

THE NEED

At the first International Summit on Human Gene Editing in December 2015, the organizing committee issued a statement about appropriate uses of the technology (see go.nature.com/2erqwpc). About the issue of making genetically modified children, it concluded that "it would be irresponsible to proceed with any clinical use … unless and until (i) the relevant safety and efficacy issues have been resolved … and (ii) there is broad societal consensus about the appropriateness of the proposed application".

This should have been understood to mean that clinical uses of germline editing should not yet proceed anywhere in the world. Yet, subsequent events suggest that this statement was inadequate.

First, in China, biophysicist He Jiankui reportedly edited embryos to create at least two babies. Second, scientists who were apparently aware of this work did not take adequate measures to stop it. Third, there has been growing interest in proposals for genetic enhancement of humans[2,3]. Fourth, some commentators have interpreted subsequent statements as weakening the requirement for broad societal consensus[4]; such statements include a 2017 report from the US National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine[5] and a 2018 statement from the organizing committee following the Second International Summit on Human Genome Editing (see go.nature.com/2rowv3g). Finally, no mechanism was created in the ensuing years to ensure international dialogue about whether and, if so, when clinical germline editing might be appropriate.

A global moratorium and framework are therefore necessary to ensure proper consideration of the relevant issues surrounding clinical uses of germline editing.

Technical considerations. For germline editing to even be considered for a clinical application, its safety and efficacy must be sufficient — taking into account the unmet medical need, the risks and potential benefits and the existence of alternative approaches.

Although techniques have improved in the past several years, germline editing is not yet safe or effective enough to justify any use in the clinic. As was evident at the second summit, there is wide agreement in the scientific community that, for clinical germline editing, the risk of failing to make the desired change or of introducing unintended mutations (off-target effects) is still unacceptably high. Considerable research is being directed at this issue.

Scientific considerations. No clinical application of germline editing should be considered unless its long-term biological consequences are sufficiently understood — both for individuals and for the human species.

Among the vast array of possible genetic modifications, it is useful to distinguish between 'genetic correction' and 'genetic enhancement'.

By genetic correction, we mean editing a rare mutation that has a high probability (penetrance) of causing a severe single-gene disease, with the aim of converting the mutation into the DNA sequence carried by most people. Assuming that it can be done without errors or off-target effects, genetic correction could have a predictable and beneficial effect.

Genetic enhancement, by contrast, encompasses much broader efforts to 'improve' individuals and the species. Possibilities range from attempting to modify the risk of a common disease by replacing particular genetic variants with alternative ones that occur in the human population, to incorporating new instructions into a person's genome to enhance, say, their memory or muscles, or even to confer entirely new biological functions, such as the ability to see infrared light or break down certain toxins.

Understanding the effect of any proposed genetic enhancement will require extensive study — including of human population genetics and molecular physiology. Even so, substantial uncertainty would probably remain.

Modifying disease risk by replacing genetic variants with alternative ones is fraught with challenges, because variants that decrease the risk of some diseases often increase the risk of others. A common variant in the gene *SLC39A8*, for instance, decreases a person's risk of developing hypertension and Parkinson's disease, but increases their risk of developing schizophrenia, Crohn's disease and obesity[6]. Its influence on many other diseases — and its interactions with other genes and with the environment — remains unknown.

It will be much harder to predict the effects of completely new genetic instructions — let alone how multiple modifications will interact when they co-occur in future generations. Attempting to reshape the species on the basis of our current state of knowledge would be hubris.

The work of He illustrates this point. Seeking to decrease the children's risk of acquiring AIDS if exposed to HIV later in life, He attempted to inactivate the gene *CCR5*, which encodes a receptor that HIV uses to enter cells. However, this change is not benign: it has been reported to substantially increase the risk of complications, and death, from certain other viral infections, including West Nile virus and influenza. It could have other consequences, too — both positive and negative (see *Nature* http://doi.org/gfphqv (2018) and ref. 7). As a societal solution to AIDS, disrupting *CCR5* through clinical germline editing is ill-advised. Germline editing would not help individuals with the infection today, and it would require many decades of widespread use to make a dent in the epidemic. And, if an effective HIV vaccine is developed, the genetic enhancement would confer no benefit with respect to AIDS, yet still increase the risk of complications from other infections.

"The introduction of genetic modifications into future generations could have permanent and possibly harmful effects."

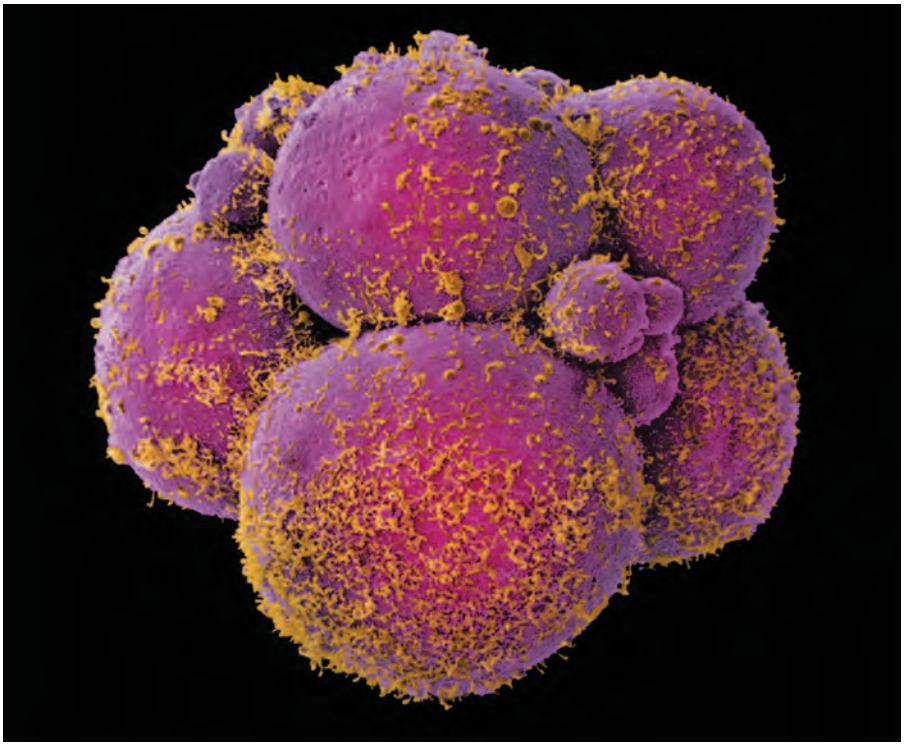
Medical considerations. Clinical application should be considered only if there is a sufficiently compelling reason. At the early stages of the new technologies, the bar should be set high.

Genetic enhancement of any sort would be unjustifiable at this time, given the scientific considerations already mentioned. The issue of genetic correction is more complex.

Some argue, especially in the popular press, that germline editing is urgently needed to stop children from being born with severe genetic diseases. But couples who know they are at risk of transmitting a severe disease-causing mutation already have safe ways to avoid doing so. They can use *in vitro* fertilization (IVF) in conjunction with preimplantation genetic testing (PGT), prenatal testing, sperm donors, egg donors, embryo donors or adoption. In particular, use of IVF followed by genetic screening of the embryos to ensure that only unaffected ones are transferred to the person's uterus, guarantees that a couple will not have children with the genetic disease.

© 2019 Springer Nature Limited. All rights reserved.

DR YORGOS NIKAS/SPL



A human embryo at the eight-cell stage.

The real problem is that most children with severe genetic diseases are born to couples who did not know they were at risk. Routine access to preconception genetic screening could allow most at-risk couples to make use of current options, should they wish to do so. Better access to newborn screening is also needed, to ensure that babies with a genetic disease can immediately receive any available therapy.

What then is the role for genetic correction? Although IVF coupled to PGT can ensure that couples carrying a severe disease-causing mutation will not have an affected child, it doesn't always yield a baby.

In most cases, the problem stems from limitations of the process, related to the number and quality of the eggs harvested, and the growth and implantation of the embryos produced. IVF itself does not always succeed; the transfer of an embryo leads to a successful pregnancy in roughly 30% of cases in women under 35 and in less than 10% of cases in women over 40. PGT diminishes the number of embryos available for transfer, because some embryos are rejected as a result of the genetic testing results, and others fail to develop *in vitro* to a stage and quality that makes them suitable for testing.

In most cases, suitable embryos are available for transfer following PGT. However, when only a few are available to begin with, there might be no suitable ones after the test. Couples can repeat the process, and they might succeed on subsequent tries, but some might never obtain unaffected embryos.

It has been suggested that, if germline editing were highly efficient and safe, it might increase the proportion of couples that achieve pregnancies. However, continuing to improve the efficiency of the IVF and PGT processes might be a better, safer, cheaper and more widely applicable solution.

At present, it is hard to evaluate the case for using germline editing to improve the efficiency of IVF coupled to PGT. The extent to which PGT diminishes IVF efficiency as a function of the IVF protocol, age of the mother, number of eggs harvested, and proportion of affected embryos has not been extensively investigated. (We know of only one study addressing a few of these questions in a single setting[8].) The efficiency of germline editing is also unclear, especially given the need to assess embryos for editing accuracy. Once these issues are clarified, the case can be weighed.

For a tiny fraction of couples, the situation is different. These couples can never be helped by IVF coupled to PGT alone, because 100% of their embryos will be affected. In these cases, one parent is homozygous for a dominant disease or both parents are homozygous for a recessive disease. Such instances are exceedingly rare, occurring for only a small minority of genetic diseases and largely in situations in which a disease allele is present at high frequency in a population.

These rare couples might represent the strongest case for considering clinical germline editing, because the technology would be their only way to conceive unaffected children who are biologically related to both parents. Societies will need to weigh the legitimate interests of such couples against other issues at stake.

Societal, ethical and moral considerations. Irrespective of all of the above, clinical germline editing should not proceed for any application without broad societal consensus on the appropriateness of altering a fundamental aspect of humanity for a particular purpose. Unless a wide range of voices are equitably engaged from the outset, efforts will lack legitimacy and might backfire.

The societal impacts of clinical germline editing could be considerable. Individuals with genetic differences or disabilities can experience stigmatization and discrimination. Parents could be put under powerful peer and marketing pressure to enhance their children. Children with edited DNA could be affected psychologically in detrimental ways. Many religious groups and others are likely to find the idea of redesigning the fundamental biology of humans morally troubling. Unequal access to the technology could increase inequality. Genetic enhancement could even divide humans into subspecies.

Moreover, the introduction of genetic modifications into future generations could have permanent and possibly harmful effects on the species. These mutations cannot be removed from the gene pool unless all carriers agree to forgo having children, or to use genetic procedures to ensure that they do not transmit the mutation to their children.

THE FRAMEWORK

Decisions about clinical germline editing — whether to permit it at all and judgements about particular applications — will unfold over decades. Because it has implications for the entire species, decisions must be informed by diverse interests and perspectives.

At this stage, no outcomes should be foreclosed. The world might conclude that the clinical use of germline editing is a line that should not be crossed for any purpose whatsoever. Alternatively, some societies might support genetic correction for couples with no other way to have biologically related children, but draw a line at all forms of genetic enhancement. Or, societies could one day endorse limited or widespread use of enhancement.

These decisions must not be taken by individual actors — not by scientists, physicians, hospitals or companies, nor the scientific or medical community acting as a whole. Indeed, some commentators have expressed concern about the evaluation processes being too strongly controlled by scientists and physicians[9].

What might an international framework look like?

We do not think that a purely regulatory approach will suffice, because it cannot address many of the fundamental questions. Regulatory agencies have narrow mandates: they are typically charged with weighing the

© 2019 Springer Nature Limited. All rights reserved.

safety and efficacy of a new treatment, not whether it is wise to use it.

We also do not favour an international treaty that would ban all clinical uses of germline editing, subject to a mechanism to lift the ban for specific applications. International bans have been useful for some technologies, including nuclear, chemical and biological weapons. But the approach is too rigid for clinical germline editing. Indeed, an effort by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) to create a legally binding convention to outlaw human cloning foundered. This was in part because of the difficulty of achieving agreement about rules for reproductive cloning to create a child, versus therapeutic cloning to create biologically compatible tissue to treat an existing person[10].

Instead, we think that each nation should voluntarily pledge not to allow any application of germline editing unless certain requirements are met. We outline one possible approach as an illustration.

THE COMMITMENTS

Governments would publicly declare that they will not permit any clinical use of human germline editing for an initial period of fixed duration. Five years might be appropriate.

Thereafter, a nation could choose to allow a particular application, but only after it does the following. First, provide a period of public notice (perhaps two years) of its intent to consider permitting the application, and engage in robust international discussion about the pros and cons of doing so. Second, determine, through careful and transparent evaluation of both the technical, scientific and medical considerations, and the societal, ethical and moral issues, that, in its judgement, the application is justified. Third, determine that there is broad societal consensus in the nation on whether to proceed with human germline editing at all, and on the appropriateness of the proposed application.

We are particularly mindful of the challenge of assessing broad societal consensus[11]. To be clear, the concept does not mean unanimity or simple majority[12]. Societal consensus on germline editing is something that must be judged by national authorities, just as governments make political judgements about their citizens' views on other complex social issues. A useful approach to consider is the proposed Global Genome Editing Observatory[9,13,14], a network of organizations and individuals to track developments and facilitate public conversations, both within nations and across cultures.

A coordinating body should be established to support the framework. This group could convene both ongoing discussions and specific consultations once a nation announces publicly that it is considering permitting a particular application. The coordinating body might be organized under the World Health Organization (WHO) or established as a new entity through the collaborative efforts of a diverse group of nations.

The coordinating body should establish an international panel to provide nations with clear, comprehensive and objective information about relevant issues, by issuing reports on a regular basis (perhaps every two years). Such panels are routinely used by international conventions to provide assessments of complex scientific and societal issues, such as those relating to fissile materials, forests, natural disasters, biodiversity and climate change. We would favour having two distinct subpanels — one consisting mostly of biomedical specialists for the technical, scientific and medical considerations, and the other comprised mostly of those focusing on societal, ethical and moral issues.

Various aspects of the framework would need to be fleshed out by groups with appropriate international standing. Both the WHO and several national academies have announced plans to convene international committees on clinical germline editing; these groups might choose to take up this task. But it is essential to include those representing perspectives outside science and medicine — including people with disabilities, patients and their families, economically disadvantaged communities, historically marginalized groups, religious groups and civil society at large.

> ***"The governance model we present would intentionally leave room for nations to take differing approaches."***

THE RATIONALE

Some might criticize the framework we outline here because the pledge is voluntary, rather than a formal treaty. However, we think that this approach would be effective, because it would encourage nations to commit to transparency, to public engagement, to international consultation and to policing behaviour within their own borders. It would also provide opportunities for other nations to dissuade a country from proceeding with ill-conceived uses. And it would provide a mechanism for flagging nations that refuse to commit to — or live up to — these self-imposed obligations.

The governance model we present would intentionally leave room for nations to take differing approaches and reach different conclusions, informed by their history, culture, values and political systems. Still, the common principle would be all nations agreeing to proceed deliberately and with due respect to the opinions of humankind.

As well as requesting these actions by nations, we ask relevant actors — including fertility clinics, hospitals, medical schools, biomedical research institutes and professional associations, as well as individual researchers and physicians working in the field — to publicly pledge that they will not initiate clinical germline editing without advance notice, full transparency and national approval under all relevant laws and regulations, and that they will report any unsanctioned efforts that they become aware of.

We recognize that a moratorium is not without cost. Although each nation might decide to proceed with any particular application, the obligation to explain to the world why it thinks its decision is appropriate will take time and effort.

Certainly, the framework we are calling for will place major speed bumps in front of the most adventurous plans to re-engineer the human species. But the risks of the alternative — which include harming patients and eroding public trust — are much worse. ■

Eric S. Lander *is president and founding director of the Broad Institute of MIT and Harvard in Cambridge, Massachusetts, USA.* **Françoise Baylis** *is a university research professor, Dalhousie University, Halifax, Canada.* **Feng Zhang** *is a core member of the Broad Institute of MIT and Harvard.* **Emmanuelle Charpentier** *is founding and acting head of the Max Planck Unit for the Science of Pathogens in Berlin, Germany.* **Paul Berg** *is Robert W. and Vivian K. Cahill Emeritus Professor in the biochemistry department at Stanford University, Stanford, California, USA.* **Catherine Bourgain**, **Bärbel Friedrich**, **J. Keith Joung**, **Jinsong Li**, **David Liu**, **Luigi Naldini**, **Jing-Bao Nie**, **Renzong Qiu**, **Bettina Schoene-Seifert**, **Feng Shao**, **Sharon Terry**, **Wensheng Wei**, **Ernst-Ludwig Winnacker**.
e-mails: lander@broadinstitute.org; francoise.baylis@dal.ca; zhang@broadinstitute.org; pr-charpentier@mpiib-berlin.mpg.de; pberg@stanford.edu

1. Araki, M. & Ishii, T. *Reprod. Biol. Endocrinol.* **12**, 108 (2014).
2. Pontin, J. 'The Genetics (and Ethics) of Making Humans Fit for Mars' *Wired* (8 July 2018).
3. Regalado, A. 'The DIY designer baby project funded with Bitcoin' *MIT Technol. Rev.* (1 February 2019).
4. Hurlbut, J. B. *Nature* **565**, 135 (2019).
5. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. *Human Genome Editing: Science, Ethics, and Governance* (National Academies Press, 2017).
6. Costas, J. *Am. J. Med. Genet. B Neuropsychiatr. Genet.* **177**, 274–283 (2018).
7. Joy, M. T. *et al. Cell* **176**, 1143–1157 (2019).
8. Steffann, J., Jouannet, P., Bonnefont, J. P., Chneiweiss, H. & Frydman, N. *Cell Stem Cell* **22**, 481–482 (2018).
9. Jasanoff, S. & Hurlbut, J. B. *Nature* **555**, 435–437 (2018).
10. Langlois, A. *Palgrave Commun.* **3**, 17019 (2017).
11. Burall, S. *Nature* **555**, 438–439 (2018).
12. Baylis, F. *Nature Hum. Behav.* **1**, 0103 (2017).
13. Hurlbut, J. B. *et al. Trends Biotechnol.* **36**, 639–641 (2018).
14. Saha, K. *et al. Trends Biotechnol.* **36**, 741–743 (2018).

The authors declare competing financial interests, see go.nature.com/2cbkfpw for details.

© 2019 Springer Nature Limited. All rights reserved.



SHUTTERSTOCK

Don't edit the human germ line

Heritable human genetic modifications pose serious risks, and the therapeutic benefits are tenuous, warn **Edward Lanphier**, **Fyodor Urnov** and colleagues.

It is thought that studies involving the use of genome-editing tools to modify the DNA of human embryos will be published shortly[1].

There are grave concerns regarding the ethical and safety implications of this research. There is also fear of the negative impact it could have on important work involving the use of genome-editing techniques in somatic (non-reproductive) cells.

We are all involved in this latter area of work. One of us (F.U.) helped to develop the first genome-editing technology, zinc-finger nucleases[2] (ZFNs), and is now senior scientist at the company developing them, Sangamo BioSciences of Richmond, California. The Alliance for Regenerative Medicine (ARM; in which E.L., M.W. and S.E.H. are involved), is an international organization that represents more than 200 life-sciences companies, research institutions, non-profit organizations, patient-advocacy groups and investors focused on developing and commercializing therapeutics, including those involving genome editing.

Genome-editing technologies may offer a powerful approach to treat many human diseases, including HIV/AIDS, haemophilia, sickle-cell anaemia and several forms of cancer[3]. All techniques currently in various stages of clinical development focus on modifying the genetic material of somatic cells, such as T cells (a type of white blood cell). These are not designed to affect sperm or eggs.

In our view, genome editing in human embryos using current technologies could have unpredictable effects on future generations. This makes it dangerous and ethically unacceptable. Such research could be exploited for non-therapeutic modifications. We are concerned that a public outcry about such an ethical breach could hinder a promising area of therapeutic development, namely making genetic changes that cannot be inherited.

At this early stage, scientists should agree not to modify the DNA of human reproductive cells. Should a truly compelling case ever arise for the therapeutic benefit of germline modification, we encourage an open discussion around the appropriate course of action.

EDITING TOOLS

Genome editing of human somatic cells aims to repair or eliminate a mutation that could cause disease. The premise is that corrective changes to a sufficient number of cells carrying the mutation — in which the genetic fixes would last the lifetimes of the modified cells and their progeny — could provide a 'one and done' curative treatment for patients.

For instance, ZFNs are DNA-binding proteins that can be engineered to induce a double-strand break in a section of DNA. Such molecular scissors enable researchers to 'knock out' specific genes, repair a mutation or incorporate a new stretch of DNA into a selected location.

Sangamo BioSciences is conducting clinical trials to evaluate an application of genome editing as a potential 'functional cure' for HIV/AIDS[4]. The hope is that

© 2015 Macmillan Publishers Limited. All rights reserved

intravenous infusion of modified T cells will enable patients to stop taking antiretroviral drugs. A phase I trial in patients with β-thalassaemia — a genetic blood disorder caused by insufficient haemoglobin production — is scheduled to begin this year.

The newest addition to the genome-editing arsenal is CRISPR/Cas9, a bacteria-derived system that uses RNA molecules that recognize specific human DNA sequences. The RNAs act as guides, matching the nuclease to corresponding locations in the human genome. CRISPR/Cas9 is the simplest genome-editing tool to work with because it relies on RNA–DNA base pairing, rather than the engineering of proteins that bind particular DNA sequences.

The CRISPR technique has dramatically expanded research on genome editing. But we cannot imagine a situation in which its use in human embryos would offer a therapeutic benefit over existing and developing methods. It would be difficult to control exactly how many cells are modified. Increasing the dose of nuclease used would increase the likelihood that the mutated gene will be corrected, but also raise the risk of cuts being made elsewhere in the genome.

In an embryo, a nuclease may not necessarily cut both copies of the target gene, or the cell may start dividing before the corrections are complete, resulting in a genetic mosaic. Studies using gene-editing in animals such as rats[5], cattle[6], sheep[7] and pigs[8], indicate that it is possible to delete or disable genes in an embryo — a simpler process than actually correcting DNA sequences — in only some of the cells.

The current ability to perform quality controls on only a subset of cells means that the precise effects of genetic modification to an embryo may be impossible to know until after birth. Even then, potential problems may not surface for years. Established methods, such as standard prenatal genetic diagnostics or *in vitro* fertilization (IVF) with the genetic profiling of embryos before implantation, are much better options for parents who both carry the same mutation for a disease.

LEGAL CASE

Patient safety is paramount among the arguments against modifying the human germ line (egg and sperm cells). If a mosaic embryo is created, the embryo's germ line may or may not carry the genetic alteration. But the use of CRISPR/Cas9 in human embryos certainly makes onward human germline modification a possibility. Philosophically or ethically justifiable applications for this technology — should any ever exist — are moot until it becomes possible to demonstrate safe outcomes and obtain reproducible data over multiple generations.

Because of such concerns — as well as for serious ethical reasons — some countries discouraged or prohibited this type of research a decade before the technical feasibility of germline modification was confirmed in rats in 2009 (ref. 9). (Today, around 40 countries discourage or ban it.)

Many countries do not have explicit legislation in place permitting or forbidding genetic engineering in humans — considering such research experimental and not therapeutic (see go.nature.com/uvthmu). However, in nations with policies regarding inheritable genetic modification, it has been prohibited by law or by measures having the force of law.

"The precise effects of genetic modification to an embryo may be impossible to know until after birth."

This consensus is most visible in western Europe, where 15 of 22 nations prohibit the modification of the germ line[4]. Although the United States has not officially prohibited germline modification, the US National Institutes of Health's Recombinant DNA Advisory Committee explicitly states that it "will not at present entertain proposals for germ line alterations" (see go.nature.com/mgscb2).

In general, researchers who want to investigate the clinical uses of genetically engineered somatic cells must secure people's informed consent. In the United States, this takes place under the oversight of the Food and Drug Administration and the Department of Health and Human Services. For research involving genetic modification of the germ line, it is unclear what information would be needed — or obtainable — to adequately inform prospective parents of the risks, including to future generations.

Many oppose germline modification on the grounds that permitting even unambiguously therapeutic interventions could start us down a path towards non-therapeutic genetic enhancement. We share these concerns.

DIALOGUE NEEDED

Ten years ago, the Genetics and Public Policy Center, now in Washington DC, brought together more than 80 experts from the United States and Canada to consider the scientific and ethical consequences of genetically modifying the human germ line. Now that the capability for human germline engineering has emerged, we urge the international scientific community to engage in this type of dialogue. This is needed both to establish how to proceed in the immediate term, and to assess whether, and under what circumstances — if any — future research involving genetic modification of human germ cells should take place. Such discussions must include the public as well as experts and academics.

An excellent precedent for open, early discussion as new scientific capabilities emerge was set by the hearings, consultations and reports involving scientists, bioethicists, regulators and the general public that preceded the UK government's decision to legalize mitochondrial DNA transfer in February. We are not, of course, making a comparison between the replacement of faulty mitochondrial DNA in an egg or embryo with healthy DNA from a female donor and the use of genome-editing in human embryos. In mitochondrial transfer, the aim is to prevent life-threatening diseases by replacing a known and tiny fraction of the overall genome.

Key to all discussion and future research is making a clear distinction between genome editing in somatic cells and in germ cells. A voluntary moratorium in the scientific community could be an effective way to discourage human germline modification and raise public awareness of the difference between these two techniques. Legitimate concerns regarding the safety and ethical impacts of germline editing must not impede the significant progress being made in the clinical development of approaches to potentially cure serious debilitating diseases. ■

Edward Lanphier *is president and chief executive officer of Sangamo BioSciences in Richmond, California, USA, and chairman of the Alliance for Regenerative Medicine in Washington DC, USA.* **Fyodor Urnov** *is senior scientist at Sangamo BioSciences in Richmond, California, USA.* **Sarah Ehlen Haecker** *is director of technology sections at the Alliance for Regenerative Medicine in Washington DC, USA.* **Michael Werner** *is executive director of the Alliance for Regenerative Medicine in Washington DC, USA.* **Joanna Smolenski** *is a PhD student in philosophy at the Graduate Center of the City University of New York, New York, USA.*
e-mail: lanphier@sangamo.com

1. Regalado, A. *MIT Tech. Rev.* http://go.nature.com/2n2nfl (2015).
2. Urnov, F. D., Rebar, E. J., Holmes, M. C., Zhang. H. S. & Gregory, P. D. *Nature Rev. Genet.* **11,** 636–646 (2010).
3. Carroll, D. *Annu. Rev. Biochem.* **83,** 409–439 (2014).
4. Tebas, P. *et al. N. Engl. J. Med.* **370,** 901–910 (2014).
5. Yoshimi, K., Kaneko, T., Voigt, B. & Mashimo, T. *Nature Commun.* **5,** 4240 (2014).
6. Heo, T. Y. *et al. Stem Cells Dev.* **24,** 393–402 (2015).
7. Han, H. *et al. Front. Agr. Sci. Eng.* **1,** 2–5 (2014).
8. Kang, Q. *et al.* in *Proc. 10th World Congr. Genet. Appl. Livestock Prod.* http://go.nature.com/6mtz2d (2014).
9. Geurts, A. M. *Science.* **325,** 433 (2009).

The authors declare competing financial interests, see go.nature.com/plkopd for details.

© 2015 Macmillan Publishers Limited. All rights reserved

BIOTECHNOLOGY

Rewriting a genome

A bacterial enzyme that uses guide RNA molecules to target DNA for cleavage has been adopted as a programmable tool to site-specifically modify genomes of cells and organisms, from bacteria and human cells to whole zebrafish.

EMMANUELLE CHARPENTIER
& JENNIFER A. DOUDNA

In a 1987 paper, researchers at Osaka University in Japan reported an apparently minor finding. While investigating the sequence of a bacterial gene that encodes the enzyme alkaline phosphatase, they discovered an unusual segment of neighbouring DNA that consisted of short, directly repeating nucleotide sequences flanked by short unique segments[1]. They noted that "the biological significance of these sequences is not known". Fast-forward almost three decades, and what initially seemed to be an obscure observation is now being used to open the door to easy manipulation of the genomes of a multitude of organisms. Five papers published within a month of each other, in *Science*[2,3] and *Nature Biotechnology*[4–6], report the application of such bacterial sequences — now referred to as CRISPR–Cas systems[7] — as a simple and versatile tool for genomic editing.

As whole-genome sequencing became routine in recent decades, regions containing CRISPR (clustered regularly interspaced short palindromic repeat) sequences and CRISPR-associated (Cas) genes were found in a wide variety of bacteria and archaea[8–12]. The discovery[10,11] that the short unique sequences in these arrays matched DNA sequences from viruses or plasmids (small non-chromosomal DNA molecules that can be transferred among bacteria and archaea) hinted that CRISPR–Cas systems encode 'adaptive' immune systems, providing specific defences against invaders. Subsequent genetic and biochemical experiments confirmed this speculation by showing that CRISPR–Cas systems allow detection of and protection against mobile genetic elements[13].

Although some CRISPR–Cas systems require multiple proteins to function[14], the type II systems found in many bacteria[13,15,16] use a single endonuclease, Cas9 (Fig. 1). This enzyme acts together with guide RNA to locate and cleave invading DNA at sites demarcated by conserved sequences called proto-spacer adjacent motifs (PAMs)[7,17,18]. To form a functional DNA-targeting complex, Cas9 requires two distinct RNA transcripts, CRISPR RNA (crRNA) and *trans*-acting CRISPR RNA (tracrRNA)[7,15].

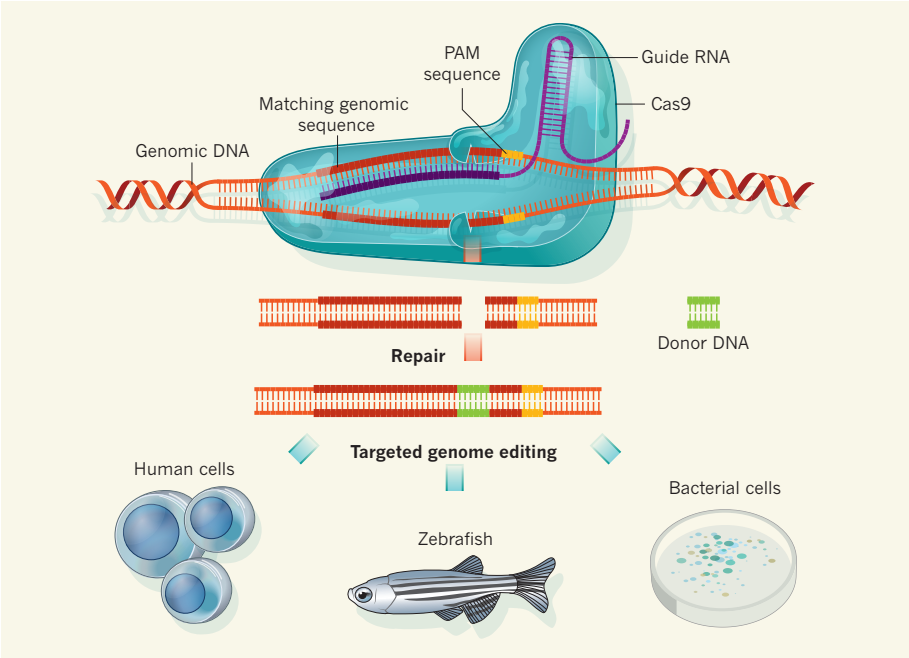


Figure 1 | Targeted genome editing with RNA-guided Cas9. The enzyme Cas9 is a DNA endonuclease found in many bacteria, in which it functions as part of a defence system against invading DNA molecules, such as viruses. Cas9 has two active sites that each cleave one strand of a double-stranded DNA molecule. The enzyme is guided to the target DNA by an RNA molecule that contains a sequence that matches the sequence to be cleaved, which is demarcated by PAM sequences. RNA-guided Cas9 activity creates site-specific double-stranded DNA breaks, which are then repaired by either non-homologous end joining or homologous recombination. During homologous recombination, the addition of donor DNA enables new sequence information to be inserted at the break site. Several recent papers show that RNA-guided Cas9 systems can be used to engineer the genomes of human and mouse cell lines[2–4,19], bacteria[5] and — by modifying one-cell-stage embryos — zebrafish[6].

However, it was recently shown[7] that this dual RNA can be reconfigured as a single-guide RNA (sgRNA) that includes sequences that are sufficient to program Cas9 to introduce double-stranded breaks in target DNA. As the new publications show, RNA-guided Cas9 can function in a variety of cells and organisms to cleave intact genomes at specific sites. And this is the point at which the potential for genome editing comes in. When the double-stranded breaks are repaired by standard cellular repair mechanisms, either by homologous recombination (the exchange of genetic information between DNA molecules with similar sequences) or non-homologous end joining (NHEJ; the introduction of insertions or deletions into the sequence), the sequence at the repair site can be modified or new genetic information inserted.

Three of the studies demonstrate that RNA-programmed Cas9 can function in human cells. Cong *et al.*[2], Mali *et al.*[3] and Cho *et al.*[4] engineered versions of the Cas9 enzyme from the bacterium *Streptococcus pyogenes* so that it would be active in the nucleus of human cells, and designed dual RNAs or sgRNAs that included a 20-nucleotide sequence complementary to human target DNA sequences. When the researchers expressed the 'humanized' Cas9 together with these guide RNAs in various human cell lines, including induced pluripotent stem cells, they observed the expected alterations to the target DNA — achieved through the introduction of

© 2013 Macmillan Publishers Limited. All rights reserved

double-stranded breaks followed by repair. The gene-targeting achieved up to 38% success and was accompanied by only a low level of Cas9 toxicity. The RNA-guided Cas9 was also efficient at triggering targeted gene replacement at normal genomic sites in human cells. In another paper published in the same month, Jinek *et al.*[19] show that RNA-programmed Cas9 functions in human cells to trigger site-specific genome modifications, and that the ability of Cas9 to assemble with guide RNA in cells is a limiting factor in this activity.

On the basis of earlier observations that single-stranded DNA breaks can favour homologous recombination and reduce off-target mutagenesis, Mali *et al.*[3] and Cong *et al.*[2] also tested versions of Cas9 that have been shown[7] to act as a nickase enzyme — one that breaks only one strand of a DNA molecule. The mutated enzymes had lower rates of NHEJ but were as efficient as the wild-type endonuclease at gene replacement triggered by homologous recombination. Both groups also demonstrated further functionality of the system in 'multiplexed' targeting; the expression of sgRNA-programmed Cas9 that can bind to two different genomic sequences led to sequence disruption at more than one independent target site. In addition, Cong and colleagues show that gene-disruption efficiency could be improved upon independent expression of the two RNA components of the original dual-tracrRNA–crRNA combination. This finding implies that improved design of sgRNAs may allow them to better mimic the dual RNA structure[7].

In addition to these results in cell lines, RNA-guided Cas9 can be used to engineer genomic changes in intact organisms. Jiang and colleagues[6] show that the system can be used in bacteria to modify multiple sites by programming Cas9 with several different guide RNAs in a single cell. This technology could be exploited to engineer microorganisms that are otherwise genetically intractable to harbour pathways for producing biofuels and molecules of therapeutic value. Working with zebrafish, Hwang and colleagues[5] show that injection of one-cell-stage embryos with Cas9-encoding mRNA and appropriate guide RNAs produced high frequencies (24–59%) of targeted insertions and deletions at eight of ten sites in all embryos tested. These findings hint that RNA-guided Cas9 might be useful for engineering other multicellular organisms, including mammals and plants. One of the most exciting potential uses of such technology would be to provide a straightforward means of generating animal models of human disease.

Genome engineering by RNA-programmable Cas9 promises to have broad applications in synthetic biology, direct and multiplexed perturbation of gene networks, and targeted *ex vivo* and *in vivo* gene therapy[2–7]. The next challenges will be to analyse and address possible off-target effects and improve the efficiency and specificity of the system, while expanding its use to other organisms. In this regard, it will be important to compare RNA-programmed Cas9 with existing genome-editing tools[18], including meganucleases, ZFNs (zinc-finger nucleases) and TALENs (transcription activator-like effector nucleases). In addition to genome editing, this approach offers the exciting possibilities of transcriptional gene silencing using an inactive Cas9 (ref. 20) or engineering Cas9 to have new functions, such as transcriptional activation. The discovery and application of bacterial systems, such as restriction enzymes and thermostable polymerases, have revolutionized molecular biology in the past. With RNA-guided Cas9 enzymes, bacteria now offer a versatile tool for rewriting genomic sequence information that has the potential to reshape the genome-engineering landscape in biotechnology and medicine. ■

Emmanuelle Charpentier *is at the Helmholtz Centre for Infection Research, Department of Regulation in Infection Biology, 38124 Braunschweig, Germany, in the Laboratory for Molecular Infection Medicine Sweden, Umeå University, Sweden, and at the Hanover Medical School, Hanover, Germany.* **Jennifer A. Doudna** *is at the Howard Hughes Medical Institute, Departments of Molecular and Cell Biology and of Chemistry, University of California, Berkeley, Berkeley, California 94720, USA, and in the Physical Biosciences Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley.*
e-mails: emmanuelle.charpentier@helmholtz-hzi.de; doudna@berkeley.edu

1. Ishino, Y., Shinagawa, H., Makino, K., Amemura, M. & Nakata, A. *J. Bacteriol.* **169,** 5429–5433 (1987).
2. Cong, L. *et al. Science* **339,** 819–823 (2013).
3. Mali, P. *et al. Science* **339,** 823–826 (2013).
4. Cho, S. W., Kim, S., Kim, J. M. & Kim, J. S. *Nature Biotechnol.* **31,** 230–232 (2013).
5. Hwang, W. Y. *et al. Nature Biotechnol.* **31,** 227–229 (2013).
6. Jiang, W., Bikard, D., Cox, D., Zhang, F. & Marraffini, L. A. *Nature Biotechnol.* **31,** 233–239 (2013).
7. Jinek, M. *et al. Science* **337,** 816–821 (2012).
8. Jansen, R., Embden, J. D., Gaastra, W. & Schouls, L. M. *Mol. Microbiol.* **43,** 1565–1575 (2002).
9. Haft, D. H., Selengut, J., Mongodin, E. F. & Nelson, K. E. *PLoS Comput. Biol.* **1,** e60 (2005).
10. Mojica, F. J., Diez-Villasenor, C., Garcia-Martinez, J. & Soria, E. *J. Mol. Evol.* **60,** 174–182 (2005).
11. Pourcel, C., Salvignol, G. & Vergnaud, G. *Microbiology* **151,** 653–663 (2005).
12. Makarova, K. S., Grishin, N. V., Shabalina, S. A., Wolf, Y. I. & Koonin, E. V. *Biol. Direct* **1,** 7 (2006).
13. Barrangou, R. *et al. Science* **315,** 1709–1712 (2007).
14. Brouns, S. J. *et al. Science* **321,** 960–964 (2008).
15. Deltcheva, E. *et al. Nature* **471,** 602–607 (2011).
16. Garneau, J. E. *et al. Nature* **468,** 67–71 (2010).
17. Sapranauskas, R. *et al. Nucleic Acids Res.* **39,** 9275–9282 (2011).
18. Carroll, D. *Mol. Ther.* **20,** 1658–1660 (2012).
19. Jinek, M. *et al. eLIFE* http://dx.doi.org/10.7554/eLife.00471 (2013).
20. Qi, L. S. *et al. Cell* **152,** 1173–1183 (2013).

ASTROPHYSICS

An accurate distance to the nearest galaxy

By having a highly accurate value for the distance to the Large Magellanic Cloud galaxy, astronomers can get a better measure of cosmic 'dark energy'. Using binary stars, they have now achieved a value accurate to 2.2%. SEE LETTER P.76

BRADLEY E. SCHAEFER

Distances to celestial bodies are crucial in astronomy. They allow astronomers to understand the structure of the Universe; for example, to see the organization of the Solar System and to recognize that galaxies lie beyond the Milky Way. The derived physical sizes of bodies scale with the distances adopted for them, whereas their energetics scale with the square of the distances. A current hot enterprise is to use distance measurements to the farthest supernovae to map out the expansion history of the Universe and to uncover the nature of the Universe's mysterious dark energy. Distances are deduced by means of a 'distance ladder': knowledge of the distances to nearby bodies is used to determine the distances of bodies farther out, and so on to yet more remote objects. On page 76 of this issue, Pietrzyński *et al.*[1] claim to provide a much-needed, highly accurate measure of the distance to the Large Magellanic Cloud galaxy — the bottleneck in the ascent of the distance ladder.

Historically, the lowest 'rung' of the distance ladder, the size of Earth, was used to calibrate the timings of the transit of Venus across the Sun, and so to climb to the second rung, the Earth–Sun distance. The method of parallax — watching stars wobble back and forth as Earth orbits the Sun — was used to climb

© 2013 Macmillan Publishers Limited. All rights reserved