



ESTG



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

2022 O CONTRIBUTO DO FABRICO ADITIVO NO DESIGN CERÂMICO

O CONTRIBUTO DO FABRICO ADITIVO NO DESIGN CERÂMICO

a criação de uma linha de produtos utilitários enquanto veículo cultural da costa
marítima vianense

Rafael Barbosa Rocha



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

Rafael Barbosa Rocha

O CONTRIBUTO DO FABRICO ADITIVO NO DESIGN
CERÂMICO: A CRIAÇÃO DE UMA LINHA DE PRODUTOS
UTILITÁRIOS ENQUANTO VEÍCULO CULTURAL DA COSTA
MARÍTIMA VIANENSE

Nome do Curso de Mestrado
Design Integrado

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor João Carlos Monteiro Martins
Professor Doutor Manuel Joaquim Peixoto Marques Ribeiro

Maio de 2022

Júri

Presidente

Doutor Luís Miguel Gomes da Costa Ferraz Mota, Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Vogal Arguente

Doutora Raquel João Fialho Antunes, Professora Auxiliar da Faculdade de Arquitectura e Artes da Universidade Lusíada Norte e Professora Adjunta Convidada da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Politécnico de Leiria

Vogal Orientador

Doutor João Carlos Monteiro Martins, Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Agradecimentos

Chega o momento em que se revive todo o processo por detrás desta investigação, e todos os seus intervenientes, que de diferentes formas foram cruciais para o resultado final.

Em primeiro lugar dirijo os meus mais sinceros agradecimentos aos meus orientadores, o Professor João Martins e o Professor Manuel Ribeiro, pelo apoio constante, pela sua dedicação e sobretudo pela paciência e sapiência durante todos os percalços que se impuseram durante esta investigação, agradeço pela oportunidade que me foi dada e pela liberdade com que pude explorar todas as vertentes deste projeto. Aos dois, o meu muito obrigado.

À minha família, meus pais Manuel e Lúcia, à minha irmã e cunhado, Diana e Paulo, ao meu sobrinho Afonso e à minha mãe do coração Rosa, que mesmo que muitas vezes fosse difícil compreender o que eu estava a fazer durante o decorrer desta investigação, estiveram sempre ao meu lado e apoiaram-me em todos os momentos. A todos eles o meu carinho e o meu agradecimento.

À segunda família que encontrei durante o meu percurso no Instituto Politécnico de Viana do Castelo, nomeadamente à Rita Novo, ao Tiago, à Rita Silva, ao Jorge, ao Marco, à Joana e à Catarina, agradeço pelo apoio em todos os momentos de incertezas e pela admiração demonstrada pelo trabalho com todos os riscos que foram tomados. Muito obrigado a vocês todos!

Agradeço ao IDEGUI - Instituto de Design de Guimarães, em especial ao Mestre Samuel Ribeiro pela disponibilidade em auxiliar na materialização deste projeto, num momento crítico, em que a sua conclusão estava em causa. A todos os intervenientes, o meu obrigado.

Por último agradeço a todos os familiares e amigos, com destaque na Ariana, que apesar da distância esteve sempre a par deste processo e se mostrou disponível a apoiar em todos os seus momentos. Termina esta etapa de coração cheio.

Resumo

A presente investigação teve o propósito de compreender em que medida as tecnologias de manufatura aditiva podem desempenhar um novo sentido estético na conceção de produtos cerâmicos. A cerâmica encontra-se presente no nosso quotidiano desde os primórdios do ser humano, sendo um importante marco para entender a história e a cultura material, através da qual é possível relatar uma parte considerável das vivências do Homem ao longo do seu tempo. Restando saber que marcas deixaremos para o futuro através do nosso trabalho em torno da cerâmica com a entrada de novas tecnologias e que novas linguagens estéticas conseguiremos alcançar. Num momento em que a indústria é cada vez mais pioneira na utilização de novas tecnologias, a manufatura aditiva faz uso de um novo conjunto de ferramentas que vem tornar possível materializar os conceitos de uma forma mais rápida e complexa. A cerâmica não é exceção e novas formas de trabalhar este material possibilitam explorar caminhos que anteriormente se encontravam impossíveis de alcançar. Tomando a cidade de Viana do Castelo como espaço de ação e analisando através de revisão bibliográfica duas culturas, a material, onde se insere a Louça de Viana e a natural, onde ficam inseridas a fauna e flora da costa marítima da cidade, pretendeu-se encontrar uma forma de simbiose entre elas que permitisse a criação de produtos com uma nova linguagem formal suportada através da impressão 3D. Num primeiro momento, procurou-se colmatar a falta de acesso a esta tecnologia, através do desenvolvimento de uma impressora 3D ao mesmo que se descobria esta tecnologia de uma forma experimental. Por fim, através do desenho, da produção e impressão 3D de modelos foi possível alcançar o resultado deste processo que comprova que, com a utilização de tecnologias de manufatura aditiva, pode-se alcançar a execução de peças constituídas por geometrias que eram impossíveis de concretizar através de métodos mais tradicionais.

Palavras-chave: Manufatura Aditiva; Design do Produto; Cerâmica; Cultura do Lugar; Prototipagem Rápida.

Abstract

The present investigation aimed to understand to what extent additive manufacturing technologies can play a new aesthetic sense in the design of ceramic products. Ceramics have been present in our daily lives since the dawn of human beings, being an important milestone for understanding history and material culture, through which it is possible to report a considerable part of Man's experiences throughout his time. It remains to be seen what marks we will leave for the future through our work around ceramics with the entry of new technologies and what new aesthetic languages we will be able to achieve. At a time when the industry is increasingly pioneering the use of new technologies, additive manufacturing makes use of a new set of tools that makes it possible to materialize concepts in a faster and more complex way. Ceramics is no exception and new ways of working with this material make it possible to explore paths that were previously impossible to reach. Taking the city of Viana do Castelo as a space of action and analysing through a bibliographic review two cultures, the material one, where the Viana crockery is inserted and the natural one, where the fauna and flora of the maritime coast of the city are inserted, it was intended to find a form of symbiosis between them that would allow the creation of products with a new formal language supported by 3D printing. At first, we tried to overcome the lack of access to this technology, through the development of a 3D printer while discovering this technology in an experimental way. Finally, through the design, production and 3D printing of models, it was possible to achieve the result of this process that proves that, with the use of additive manufacturing technologies, it is possible to achieve the execution of parts consisting of geometries that were impossible to achieve. through more traditional methods.

Keywords: Additive Manufacturing; Product Design; Ceramics; Culture of the; Place; Rapid Prototyping.

Conteúdo

Agradecimentos.....	2
Resumo.....	3
Abstract	4
Índice de Figuras	7
Índice de Anexos	14
Índice de Apêndices	14
Lista de Siglas.....	16
1 Introdução.....	17
1.1 Objetivos.....	18
1.2 Motivação	18
1.3 Abordagem metodológica.....	20
1.4 Questão de investigação	21
1.5 Estruturação do projeto de mestrado.....	22
Parte I – Enquadramento da Investigação.....	23
2 Produtos cerâmicos	23
2.1 Linha de produtos.....	24
3 Materiais cerâmicos e tecnologias de manufatura aditiva.....	33
3.1 Manufatura aditiva	33
3.1.1 Os diferentes tipos de manufatura aditiva.....	42
3.1.2 Manufatura aditiva de cerâmica	48
3.2 Exemplos de impressoras	50
3.3 Construção de uma impressora 3D para cerâmica.....	55
3.4 Processo de montagem e modificações introduzidas.....	58
3.5 Introdução à Indústria 4.0.....	72
3.5.1 Os pilares da indústria 4.0.....	73
4 Estado da arte.....	77
4.1 Produtos cerâmicos impressos.....	77
4.1.1 O caso de Olivier van Herpt e os seus projetos	81
4.2 Produtos veículos de cultura	89
5 A costa marítima vianense	93
6 Louça de Viana	109

6.1	Os períodos da Louça de Viana	110
6.2	Os motivos decorativos	113
6.3	As formas da Louça de Viana.....	114
Parte II – Concretização do projeto.....		122
7	Desenvolvimento.....	122
7.1	Caracterização do material.....	122
7.2	Primeiras impressões	122
7.3	Conceitos e referências.....	124
7.4	Desenvolvimento de um novo conceito para uma linha de produtos cerâmicos.....	127
7.5	Exploração do conceito através do desenho.....	128
7.6	Produção de modelos de estudo	131
7.7	Detalhamento e especificações.....	138
7.7.1	Modelação digital	138
7.7.2	Desenho técnico	141
7.8	Execução.....	143
7.8.1	Prototipagem.....	143
7.9	Fotografia dos protótipos.....	151
8	Conclusões e perspectivas futuras	155
Bibliografia.....		157
Anexos.....		162
Apêndices.....		166

Índice de Figuras

Figura 1 Coleção Couve de Bordallo Pinheiro (marca) Fonte: Bordallopinheiro.com	25
Figura 2 Coleção Harvey de Aldo Bakker para Thomas Eyck (marca) Fonte: gessato.com	26
Figura 3 Coleção Plycelain de Yuting Chang Fonte: yuting.studio	27
Figura 4 Coleção Adamastor de Filipa Ricardo para a Porcel (marca) Fonte: porcel.pt.....	27
Figura 5 Coleção Longpi de Mathew Sasa para a Tiipoi (marca) Fonte: theearthissue.com	28
Figura 6 Coleção Lines de Bernadotte & Kylberg para a NJRD (marca) Fonte: njrd.com.....	29
Figura 7 Coleção Safan de Paola Paronetto Fonte: artemest.com.....	30
Figura 8 Coleção Dancing Vases de Raili Keiv para NID (marca) Fonte: nidstore.com	31
Figura 9 Coleção Egg Vessels de Maria Joanna Juchnowska Fonte: pamono.eu .	31
Figura 10 Coleção Vanitas Vanitatum de Tamsin Van Essen Fonte: tamsinvanessen.com	32
Figura 11 Coleção Sculptural Series de Laura Itkonen Fonte: lauraitkonen.com ...	32
Figura 12 Coleção Crystalline Vases de Milan Pekař Fonte: bradford.studio.....	33
Figura 13 Detalhes de figurino para o filme “Pantera Negra” Fonte: juliakoerner.com	36
Figura 14 Modelo à escala 1:5 do prémio em impressão 3D Fonte: Rita Novo	37
Figura 15 Impressora 3D Toybox Fonte: toybox.com	38
Figura 16 Válvulas para ventiladores impressos em 3D Fonte: Interreg-central.eu	39
Figura 17 Bico de combustível para jato impresso em 3D Fonte: 3dprintingmedia.network.....	40
Figura 18 Página inicial do site Thingiverse Fonte: Thingiverse.com	41
Figura 19 Projeto ASLAN, braço robótico impresso em 3D Fonte: Designboom.com	41
Figura 20 Impressão por FDM Fonte: 3dnatives.com.....	42
Figura 21 Impressão por SLA Fonte: 3dnatives.com.....	43
Figura 22 Impressão por SLS Fonte: mkstechgroup.com.....	44
Figura 23 Impressão por Material Jetting Fonte: mccourier.com.....	45
Figura 24 Impressão por DMLS Fonte: beamler.com	46
Figura 25 Impressão por Binder Jetting Fonte: all3dp.com.....	48
Figura 26 Impressão por pasta cerâmica Fonte: imeche.org.....	49
Figura 27 Impressão por Binder Jetting de peças cerâmicas Fonte: 3dprint.com ..	49
Figura 28 Impressão por SLA/DLP de peças cerâmicas Fonte: 3dnatives.com	50
Figura 29 Impressora cartesiana e impressora delta Fonte: aniwaa.com.....	50
Figura 30 Exemplo de extrusora por ar comprimido (à esquerda) e por ação mecânica (à direita) Fonte: cerambot.com.....	51
Figura 31 3D PotterBot 10 Pro Fonte: 3dpotter.com.....	52
Figura 32 Pam Series MC Fonte: pollen.am.....	52

Figura 33 StoneFlower 4.0 Fonte: stoneflower3d.com	53
Figura 34 LUTUM 5 Fonte: vormvrij.nl.....	53
Figura 35 DeltaWASP 2040 Fonte: 3dwaspc.com.....	53
Figura 36 Cerambot Delta Fonte: cerambot.com.....	54
Figura 37 Eazao Zero Fonte: eazao.com.....	54
Figura 38 Impressora 3D de Jonathan Keep Fonte: keep-art.co.uk	56
Figura 39 Impressora 3D de Bryan Czibesz Fonte: Thingiverse.com.....	56
Figura 40 Renders da tampa do suporte do modulo eletrônico / suporte do modulo eletrônico / Suporte da polia / Suporte da cabeça de extrusão / Suporte do painel LCD / Cabeça de extrusão / Corredor de rolamentos Fonte: Rafael Rocha	58
Figura 41 Base em MDF / União das colunas em MDF / Suporte dos motores em MDF Fonte: Rafael Rocha	59
Figura 42 Esquema do kit de impressão Fonte: ptribotics.com	61
Figura 43 Tampa do suporte do modulo eletrônico antes e depois Fonte: Rafael Rocha	62
Figura 44 Sistema de alimentação mecânico desenvolvida por Adam Kemp Fonte: thingiverse.com.....	62
Figura 45 Renders do suporte do motor / pistão / Base do sistema de alimentação / Engrenagem do motor / Engrenagem do pistão / Standoff do topo do suporte do motor / Topo do suporte do motor. Fonte: Rafael Rocha.....	63
Figura 46 Pistão produzido em TPU. Fonte: Rafael Rocha	64
Figura 47 Primeiro teste de impressão. fonte: João Martins.....	64
Figura 48 Segundo teste de impressão. Fonte: Rafael Rocha	65
Figura 49 Cabeça de extrusora em PLA (preto) / cabeça da extrusora em ABS (verde) / cabeça da extrusora em PETG (laranja). Fonte: Rafael Rocha.....	66
Figura 50 Versão antiga da extrusora (preto/roxo) / nova versão da extrusora (laranja). Fonte: Rafael Rocha.....	67
Figura 51 Novo motor Nema 23 da cabeça de extrusão com parafuso helicoidal acoplado. Fonte: Rafael Rocha	67
Figura 52 Versão antiga do suporte da poli (preto) / nova versão do suporte da poli (laranja). Fonte: Rafael Rocha.....	68
Figura 53 Suporte do sistema de alimentação sem e com o sistema montado Fonte: Rafael Rocha.....	68
Figura 54 Tensor dos braços Fonte: Rafael Rocha	69
Figura 55 Tensor da correia. Fonte: Rafael Rocha.....	69
Figura 56 Pontas para a cabeça de extrusão. Fonte: Rafael Rocha	70
Figura 57 Processo de produção das pontas, impressão/lavagem/cura e resultado final. Fonte: Rafael Rocha	70
Figura 58 Versão final da impressora de cerâmica, projetada para este trabalho de tese. Fonte: Rafael Rocha	71
Figura 59 Os 9 pilares tecnológicos Fonte: lwtsistemas.com.br	73
Figura 60 Peças impressas por Olivier van Herpt na sua impressora. Fonte: Designboom.com.....	77

Figura 61 Peças produzidas por Fred Gwatkin (da esquerda para a direita) “Red and Black Ooze”, “Graded Cellular Form”, “Simulated Shadow Form” e “Bright Turquoise Evolving Form”. Fonte: Fredgwatkin.com	78
Figura 62 Peças produzidas por Jonathan Keep (da esquerda para a direita) “ICEBERG SERIES”, “ANT SERIES”. Fonte: Keep-art.co.uk	78
Figura 63 Desenho do vaso “OLLA” em funcionamento e vaso “OLLA” impresso. Fonte: Jetclay.com.....	79
Figura 64 Coleção Hellenic Summer. Fonte: Observador.pt.....	80
Figura 65 Wave Wall: Aclab-idegui.org.....	80
Figura 66 - Peças da coleção Porifera em utilização. Fonte: design-milk.com.....	81
Figura 67 - Olivier van Herpt no seu estúdio. Fonte: Dutchdesigndaily.com.....	82
Figura 68 - Projeto “Arcanum”. Fonte: oliviervanherpt.com	83
Figura 69 - “Delftware”. Fonte: Netherlandsinsiders.com.....	84
Figura 70 Projeto “Panoramics”. Fonte: oliviervanherpt.com.....	84
Figura 71 - Projeto “Adaptive Manufacturing”. Fonte: oliviervanherpt.com	85
Figura 72 - Projeto “Colorful White”. Fonte: oliviervanherpt.com	86
Figura 73- Projeto “Blue and White Porcelain”. Fonte: oliviervanherpt.com.....	87
Figura 74 Projeto “Solid Vibrations”. Fonte: oliviervanherpt.com.....	88
Figura 75 Esboços de estudo para o prémio de distinção. Fonte: Rita Novo (2020)	91
Figura 76 Prémios de distinção finais e teste de luz/sombra do adereço de cena. Fonte: Rita Novo (2020).....	92
Figura 77 Ulva Fonte: iguiecologia.com.....	94
Figura 78 Pelvetia canaliculata Fonte: algaebase.org	95
Figura 79 Fucus spp. Fonte: algaebase.org	95
Figura 80 Ascophyllum nodosum Fonte: algaebase.org.....	95
Figura 81 Bifurcaria bifurcata Fonte: biodiversidade.eu.....	95
Figura 82 Lithophyllum byssoides Fonte: algaebase.org.....	96
Figura 83 Plocamium cartilagineum Fonte: eol.org.....	96
Figura 84 Chondracanthus acicularis Fonte: seaweed.ie	96
Figura 85 Chondria coerulescens Fonte: aphotomarine.com	96
Figura 86 Eulalia viridis marlin.ac.uk	97
Figura 87 Eupolymnia nebulosa Fonte: seawater.no.....	97
Figura 88 Lepidonotus clava Fonte: seawater.no	97
Figura 89 Bispira volutacornis european-marine-life.org	98
Figura 90 Sabella spallanzanii Fonte: marinespecies.org.....	98
Figura 91 Filograna implexa biodiversidade.eu	98
Figura 92 Spirobranchus lamarcki aphotomarine.com.....	98
Figura 93 Chthamalus stellatus Fonte: marlin.ac.uk.....	99
Figura 94 Palaemon elegans Fonte: marinespecies.org.....	99
Figura 95 Pollicipes pollicipes Fonte: marlin.ac.uk	99
Figura 96 Porcellana platycheles Fonte: biodiversidade.eu.....	100
Figura 97 Anapagurus laevis Fonte: glaucus.org.uk.....	100
Figura 98 Cancer paguros Fonte: seawater.no.....	100
Figura 99 Maja brachydactyla Fonte: marlin.ac.uk	100

Figura 100 <i>Actinia fragacea</i> Fonte: marlin.ac.uk.....	101
Figura 101 <i>Anemonia viridis</i> Fonte: marlin.ac.uk.....	101
Figura 102 <i>Aulactinia verrucosa</i> Fonte: marlin.ac.uk	101
Figura 103 <i>Actinothoe sphyrodeta</i> Fonte: marlin.ac.uk.....	102
Figura 104 <i>Corynactis viridis</i> marlin.ac.uk	102
Figura 105 <i>Balanophyllia regia</i> Fonte: naturdata.com	102
Figura 106 <i>Leptogorgia lusitânica</i> Fonte: european-marine-life.org.....	102
Figura 107 <i>Asterias rubens</i> Fonte: asturnatura.com.....	103
Figura 108 <i>Marthasterias glacialis</i> Fonte: biodiversidade.eu	103
Figura 109 <i>Ophiothrix fragilis</i> Fonte: marinespecies.org.....	103
Figura 110 <i>Ophiocomina nigra</i> Fonte: european-marine-life.org	104
Figura 111 <i>Paracentrotus lividus</i> Fonte: naturdata.com.....	104
Figura 112 <i>Holothuria forskali</i> Fonte: biomarine.org.....	104
Figura 113 <i>Aslia lefevrei</i> Fonte: marlin.ac.uk.....	104
Figura 114 <i>Aaptos papillata</i> Fonte: inpn.mnhn.fr	105
Figura 115 <i>Sycon ciliatum</i> Fonte: marlin.ac.uk	105
Figura 116 <i>Clathrina lacunosa</i> Fonte: seawater.no	105
Figura 117 <i>Haliclona oculata</i> Fonte: marinespecies.org	106
Figura 118 <i>Aplysilla rosea</i> Fonte: biodiversity4all.org.....	106
Figura 119 <i>Ciocalypa penicillus</i> Fonte: marlin.ac.uk.....	106
Figura 120 <i>Amphilectus fucorum</i> Fonte: habitas.org.uk.....	106
Figura 121 <i>Patella ulyssiponensis</i> . Fonte: european-marine-life.org	107
Figura 122 <i>Littorina compressa</i> . Fonte: biodiversidade.eu	107
Figura 123 <i>Nucella lapillus</i> . Fonte: european-marine-life.org.....	107
Figura 124 <i>Aplysia fasciata</i> Fonte: naturdata.com.....	108
Figura 125 <i>Felimare cantábrica</i> Fonte: opistobranquis.info	108
Figura 126 <i>Mytilus galloprovincialis</i> Fonte: biodiversity4all.org.....	108
Figura 127 <i>Octopus vulgaris</i> Fonte: biodiversity4all.org	108
Figura 128 Manga de farmácia do 1º período (Viana, 1775) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”.....	110
Figura 129 Canjirão do 2º período (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”.....	111
Figura 130 - Prato do 3º período (Viana, m. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”.....	112
Figura 131 Castiçais antropomórficos (Viana, p. séc XIX) fonte: ruicarvalhodesign.com.....	114
Figura 132 Castiçais zoomórficos (coelho) (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de António M. Reis, 2003, “A Louça de Viana”.....	115
Figura 133 Açucareiro (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	115
Figura 134 Açucareiro com decoração vegetalista (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	115
Figura 135 Bacia para mãos (Viana, m. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	116

Figura 136 Bacia degolada para barba (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”.....	116
Figura 137 Boião de botica (Viana, 1775) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	117
Figura 138 Cálice com tampa (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	117
Figura 139 Caneca decorada com reticulados e decoração vegetalista (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	118
Figura 140 Caneca com motivos geométricos e fitomórficos (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	118
Figura 141 Copo decorado com motivos geométricos (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	118
Figura 142 Prato de sobremesa (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	118
Figura 143 Prato com decoração geométrica e floral (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	118
Figura 144 Prato com decoração floral (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	118
Figura 145 Saladeira / Fruteira (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	118
Figura 146 Galheteiro (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	119
Figura 147 Cafeteira (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	119
Figura 148 Bule (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	119
Figura 149 Pia de água-benta (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	120
Figura 150 Terrina (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	120
Figura 151 Tigela (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	120
Figura 152 Tigela (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	120
Figura 153 Tinteiro e areeiro (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	121
Figura 154 Paliteiro (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	121
Figura 155 Molheira (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”	121

Figura 156 Teste de impressão, com falhas na continuidade do fio de pasta extrudida Fonte: Rafael Rocha	123
Figura 157 Teste de impressão com excesso de extrusão Fonte: Rafael Rocha .	123
Figura 158 Philips Bio-light Fonte: artandsciencejournal.com	125
Figura 159 Candeeiros Bloom de Patrick Jouin Fonte: designcurial.com.....	125
Figura 160 Fractal Table de Platform Wertel Oberfell Fonte: dezeen.com	126
Figura 161 Gel de banho Love Ocean Fonte: loveocean.com.....	126
Figura 162 Relação simbiótica entre o caranguejo-eremita e um cnidário Fonte: cosmosmagazine.com	127
Figura 163 Barco afundado tomado pela vida marinha Fonte: thetravel.com.....	128
Figura 164 Esquisso manual inspirado no pote de botica com a adição da alga (<i>Lithophyllum byssoides</i>), da lapa (<i>Patella ulyssiponensis</i>) e da estrela-do-mar (<i>Ophiocomina nigra</i>) Fonte: Rafael Rocha.....	129
Figura 165 Esquisso manual inspirado na manga de farmácia com a adição do cnidário (<i>Leptogorgia lusitanica</i>) e da estrela-do-mar (<i>Asterias rubens</i>) Fonte: Rafael Rocha.....	129
Figura 166 Esquisso manual inspirado na manga de farmácia com a adição da esponja do mar (<i>Aplysilla rosea</i>) Fonte: Rafael Rocha.....	130
Figura 167 Esquisso manual inspirado na manga de farmácia com a adição do cnidário (<i>Anemonia viridis</i>) Fonte: Rafael Rocha.....	130
Figura 168 Esquisso manual inspirado no pote de botica com a adição da esponja do mar (<i>Clathrina lacunosa</i>) Fonte: Rafael Rocha.....	131
Figura 169 Esquisso manual inspirado no pote de botica com a adição da esponja do mar (<i>Haliclona oculata</i>) Fonte Rafael Rocha	131
Figura 170 - Produção de modelos em esferovite	132
Figura 171 Modelos inspirados na manga de farmácia com a inspiração (da esquerda para a direita) do cnidário (<i>Anemonia viridis</i>) e da alga (<i>Fucus</i>). Fonte: Rafael Rocha.....	132
Figura 172 Modelos inspirados na manga de farmácia com a adição (da esquerda para a direita) da esponja-do-mar (<i>Aplysilla rosea</i>) e da alga (<i>Fucus</i>) Fonte: Rafael Rocha	133
Figura 173 Concha de ouriço-do-mar (<i>Paracentrotus lividus</i>) Fonte: publicdomainpictures.net	134
Figura 174 Modelo inspirado no ouriço-do-mar (<i>Paracentrotus lividus</i>) Fonte: Rafael Rocha	134
Figura 175 Esponja-do-mar <i>Clathrina lacunosa</i> Fonte: seawater.no.....	135
Figura 176 Modelo de jarra e porta-velas inspirado pelo pote de botica e pela esponja-do-mar (<i>Clathrina lacunosa</i>) Fonte: Rafael Rocha.....	135
Figura 177 Esponja-do-mar <i>Haliclona oculata</i> Fonte: marinespecies.org.....	135
Figura 178 Modelo de jarra, porta-velas e tigela para chaves inspirado pelo pote de botica e pela esponja-do-mar (<i>Haliclona oculata</i>) Fonte: Rafael Rocha	135
Figura 179 Modelos da jarra, porta-velas e centro-de-mesa inspirados no pote de botica e na esponja-do-mar (<i>Haliclona oculata</i>) Fonte: Rafael Rocha.....	136
Figura 180 Processo de produção dos modelos em esferovite (Jarra, porta-velas e centro de mesa, nomeadamente). Fonte: Rafael Rocha	137

Figura 181 Resultado final dos modelos à escala real em esferovite. Fonte: Rafael Rocha	137
Figura 182 Modelação da jarra em SolidWorks. Fonte: Rafael Rocha	138
Figura 183 - Modelação do porta-velas em SolidWorks. Fonte: Rafael Rocha.....	139
Figura 184 - Modelação do centro de mesa em SolidWorks. Fonte: Rafael Rocha	139
Figura 185 Renders das peças desenvolvidas em SolidWorks: jarra, porta-velas e centro de mesa. Fonte: Rafael Rocha	140
Figura 186 Desenho técnico da jarra. Fonte: Rafael Rocha	141
Figura 187 Desenho técnico do porta-velas. Fonte: Rafael Rocha.....	141
Figura 188 - Desenho técnico do centro de mesa. Fonte: Rafael Rocha	142
Figura 189 Impressão da primeira camada do centro de mesa Fonte: Rafael Rocha	144
Figura 190 Protótipo do porta-velas Fonte: Rafael Rocha.....	144
Figura 191 Protótipo do centro de mesa Fonte: Rafael Rocha.....	145
Figura 192 Protótipo da jarra Fonte: Rafael Rocha	145
Figura 193 Protótipos da jarra, porta-velas e centro de mesa após a primeira cozedura Fonte: Rafael Rocha	146
Figura 194 Amostra de vidro azul-cobalto transparente Fonte: Rafael Rocha..	147
Figura 195 Exemplo de vidragem com vidro no interior. Fonte: Rafael Rocha .	147
Figura 196 Exemplo de vidragem com degradê na zona inferior da peça. Fonte: Rafael Rocha.....	147
Figura 197 Exemplo de vidragem com vidro no interior e degradê na zona superior da peça. Fonte: Rafael Rocha	147
Figura 198 Processo de vidragem a pistola da jarra. Fonte: Rafael Rocha.....	148
Figura 199 Colocação das peças no forno. Fonte: Rafael Rocha.....	148
Figura 200 Resultado final da prototipagem. Fonte: Rafael Rocha	149
Figura 201 Jara, porta-velas e centro de mesa em contexto de utilização Fonte: Rafael Rocha.....	151
Figura 202 Jarra em contexto de utilização Fonte: Rafael Rocha	152
Figura 203 Porta-velas em contexto de utilização Fonte: Rafael Rocha	153
Figura 204 Centro de mesa em contexto de utilização Fonte: Rafael Rocha	154

Índice de Tabelas

Tabela 1 Tabela de componentes da impressora 3D LDM Fonte: Rafael Rocha ...	60
Tabela 2 Tabela de componentes para o sistema de alimentação mecânico. Fonte: Rafael Rocha.....	63
Tabela 3 Composição química em óxidos da pasta Porbax 2BA, da Aquitex.....	122

Índice de Anexos

Anexo A Lista de componentes utilizados na impressora 3D de Bryan Czybes Fonte: thingiverse.com.....	162
Anexo B Lista de componentes utilizados na extrusora de Bryan Czybes Fonte: thingiverse.com.....	163
Anexo C Esquema da placa Ramps 1.4 Fonte: osoyoo.com.....	164
Anexo D Desenho técnico da ventoinha do suporte da placa Ramps 1.4 Fonte: aliexpress.com.....	164
Anexo E Desenho técnico do motor Nema 23 Fonte: aliexpress.com	165
Anexo F Esquema de ligações do Motor 23 com a placa Ramps 1.4 Fonte: github.com	165

Índice de Apêndices

Apêndice 1 Slicing da tampa do suporte do modulo eletronico Fonte: Rafael Rocha	166
Apêndice 2 Slicing dos corredores de rolamentos Fonte: Rafael Rocha	166
Apêndice 3 Slicing do suporte da polia Fonte: Rafael Rocha	167
Apêndice 4 Slicing do Suporte do painel LCD Fonte: Rafael Rocha	167
Apêndice 5 Slicing do suporte do modulo eletrônico Fonte:Rafael Rocha	168
Apêndice 6 Slicing do suporte da cabeça de extrusão Fonte:Rafael Rocha	168
Apêndice 7 Slicing da cabeça de extrusão Fonte: Rafael Rocha	169
Apêndice 8 Slicing do suporte do motor Fonte: Rafael Rocha.....	169
Apêndice 9 Slicing do pistão Fonte: Rafael Rocha.....	170
Apêndice 10 Slicing da engrenagem do motor Fonte:Rafael Rocha	170
Apêndice 11 Slicing da base da extrusora Fonte: Rafael Rocha.....	171
Apêndice 12 Slicing da engrenagem do pistão Fonte: Rafael Rocha	171
Apêndice 13 Slicing do topo do suporte do motor Fonte: Rafael Rocha.....	172
Apêndice 14 Slicing do standoff do topo do suporte do motor Fonte: Rafael Rocha	172
Apêndice 15 Slicing da base do suporte da extrusora Fonte: Rafael Rocha	173
Apêndice 16 Slicing do topo do suporte da extrusora Fonte: Rafael Rocha.....	173
Apêndice 17 Slicing dos tensores dos braços Fonte: Rafael Rocha.....	174
Apêndice 18 Slicing dos tensores da correia Fonte: Rafael Rocha	174

Apêndice 19 Slicing das pontas de impressão Fonte: Rafael Rocha.....	175
Apêndice 20 Slicing dos modelos inspirados na manga de farmácia Fonte: Rafael Rocha	175
Apêndice 21 Slicing dos modelos inspirados na manga de farmácia Fonte: Rafael Rocha	176
Apêndice 22 Slicing do modelo inspirado no ouriço-do-mar (Paracentrotus lividus) Fonte: Rafael Rocha.....	176
Apêndice 23 Slicing do modelo da jarra Fonte: Rafael Rocha.....	177
Apêndice 24 Slicing do modelo do porta-velas Fonte: Rafael Roch	177
Apêndice 25 Slicing do modelo da jarra Fonte: Rafael Rocha.....	178
Apêndice 26 Slicing dos modelos do porta-velas e da tigela para chaves Fonte: Rafael Rocha.....	178
Apêndice 27 Slicing do modelo do porta-velas Fonte: Rafael Rocha	179
Apêndice 28 Slicing do modelo do centro de mesa Fonte: Rafael Rocha	179
Apêndice 29 Desenho técnico da jarra. Fonte: Rafael Rocha	180
Apêndice 30 Desenho técnico do porta-velas. Fonte: Rafael Rocha.....	181
Apêndice 31 Desenho técnico do centro de mesa Fonte: Rafael Rocha.....	182
Apêndice 32 Ficha de especificações da jarra Fonte: Rafael Rocha.....	183
Apêndice 33 Ficha de especificações do porta-velas Fonte: Rafael Rocha	184
Apêndice 34 Ficha de especificações do centro de mesa Fonte: Rafael Rocha ..	185
Apêndice 35 Processo de impressão da primeira camada do centro de mesa Fonte: Rafael Rocha.....	186
Apêndice 36 Processo de impressão da primeira camada do centro de mesa Fonte: Rafael Rocha.....	186
Apêndice 37 Processo de impressão do porta-velas Fonte: Rafael Rocha	187
Apêndice 38 Porta-velas impresso Fonte. Rafael Rocha.....	187
Apêndice 39 Processo de impressão da jarra Fonte: Rafael Rocha.....	188
Apêndice 40 Processo de impressão da jarra Fonte: Rafael Rocha.....	188
Apêndice 41 Processo de impressão da jarra Fonte: Rafael Rocha.....	189
Apêndice 42 Jarra após a primeira cozedura Fonte: Rafael Rocha.....	189
Apêndice 43 Porta-velas após a primeira cozedura Fonte: Rafael Rocha.....	190
Apêndice 44 Centro de mesa após a primeira cozedura Fonte: Rafael Rocha	190
Apêndice 45 Jarra, porta-velas e centro de mesa em contexto de utilização Fonte: Rafael Rocha.....	191
Apêndice 46 Jarra, porta-velas e centro de mesa em contexto de utilização Fonte: Rafael Rocha.....	191
Apêndice 47 Detalhe de vidrado sobre a jarra (lado esquerdo) Fonte: Rafael Rocha	192
Apêndice 48 Detalhe de vidrado sobre a jarra (lado direito) Fonte: Rafael Rocha	192
Apêndice 49 Detalhe de vidrado sobre o porta-velas (lado direito) Fonte: Rafael Rocha	193
Apêndice 50 Detalhe de vidrado sobre o porta-velas (lado esquerdo) Fonte: Rafael Rocha	193

Apêndice 51 Detalhe de vidro sobre o centro de mesa (lado direito) Fonte: Rafael Rocha	194
Apêndice 52 Detalhe de vidro sobre o centro de mesa (lado esquerdo) Fonte: Rafael Rocha.....	194

Lista de Siglas

Abreviaturas Siglas

3D	Três dimensões
ABS	Acrilonitrilo-butadieno-estireno
AR	Realidade aumentada
CAD	Desenho assistido por computador
CNC	Controlo Numérico Computorizado
CTCV	Centro Tecnológico de Cerâmica e do Vidro
DIY	“Faça Você Mesmo”
DLP	Processamento Digital de luz
DMLS	Sintetização Direta a Laser de Metal
FDM	Modelagem de Deposição Fundida
IOT	Internet das Coisas
LDM	Modelagem de Deposição Líquida
MA	Manufatura Aditiva
PETG	Politereftalato de Etileno com Glicol modificado
PLA	Ácido Polilático
PVC	Policloreto de Vinilo
SLA	Estereolitografia
SLM	Fusão Seletiva a Laser
SLS	Sintetização a Laser Seletiva
TPU	Poliuretano Termoplástico
UV	Ultravioleta

1 Introdução

Esta investigação surge com o intento de demonstrar as competências adquiridas durante todo o percurso académico, através do desenvolvimento de uma linha de produtos cerâmica suportada em tecnologias de manufatura aditiva, que tomou como espaço de ação a costa marítima de Viana do Castelo.

O interesse pela cerâmica iniciou-se anteriormente à Licenciatura em Design do Produto do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, ainda no ensino secundário através da realização de um projeto de cerâmica utilitária, que despertou um grande interesse por este material e pelo processo de realização do mesmo. Relativamente à manufatura aditiva, o contacto com esta tecnologia realizou-se no final da Licenciatura num momento em que já se tinha adquirido alguns conhecimentos sobre a fabricação digital, crescendo a vontade de dar uma dimensão física ao que se cria digitalmente. Esse desejo foi possível concretizar com a aquisição de uma impressora 3D de materiais poliméricos, havendo assim uma familiarização pessoal com estes dois temas expostos.

Ao utilizar-se a disciplina do design como um meio para contribuir para a conservação da cultura local, aprofundou-se o conhecimento sobre a região de Viana do Castelo nas suas vertentes naturais e materiais. Na combinação destas duas vertentes encontrou-se um terreno comum onde se pôde explorar uma nova linguagem estética de produtos cerâmicos, e ao mesmo tempo fazer uma reflexão sobre o ambiente costeiro e a cultura associada.

Com esta investigação surgiu também a oportunidade de construir os meios técnicos para a concretização do projeto, tendo havido uma envolvimento profunda com outras áreas afins ao design.

1.1 Objetivos

- ▮ Legitimar o papel da manufatura aditiva no design cerâmico;
- ▮ Encontrar novas soluções para a produção cerâmica através da impressão 3D;
- ▮ Mostrar a importância do design como veículo cultural;
- ▮ Desenvolver uma linha de cerâmica utilitária.
- ▮ Conhecer a cerâmica tradicional da louça de Viana,
- ▮ Analisar a fauna e flora da costa marítima da cidade de Viana;
- ▮ Estudar várias técnicas de fabrico aditivo e vários produtos resultantes do mesmo;
- ▮ Construir uma impressora 3D para cerâmica;
- ▮ Utilizar uma metodologia aplicada ao design de cerâmica com foco na impressão 3D;
- ▮ Conjuguar a tradição da cerâmica de Viana com a fauna e a flora da costa marítima da cidade no design de uma linha de produtos;
- ▮ Desenvolver um novo produto que permita discutir o seu contributo para o conhecimento da temática da sustentabilidade ambiental.

1.2 Motivação

Este projeto revelou-se importante para o Mestrado em Design Integrado porque mostra claramente como o design pode ser um veículo de ampliação cultural e promotor de novos artefactos que se identificam com o espírito do lugar e geram sentimentos de pertença nos cidadãos pelo seu carácter distintivo.

Atualmente, no âmbito do design, a manufatura aditiva tem evoluído de forma considerável, através da utilização de processos cada vez mais inovadores e fiáveis, e na incorporação de novos materiais. Esta última vertente abre um campo vasto por explorar sobre as suas potencialidades na produção de peças cerâmicas de geometria mais complexa.

Por outro lado, permite ainda tirar partido aos recursos tecnológicos da área da cerâmicos existentes na Escola Superior de Tecnologia e Gestão, que neste momento só se encontram a ser utilizados pela Academia Sénior e pontualmente em algumas aulas de processamento de materiais de algumas licenciaturas. Nesse sentido, este projeto pode no futuro permitir desenvolver uma nova vertente para

esta área do design cerâmico dentro do próprio Instituto Politécnico de Viana do Castelo, tirando partido dos meios laboratoriais existentes.

1.3 Abordagem metodológica

A metodologia adotada no desenvolvimento do projeto foi composta por um conjunto de procedimentos e momentos. Segundo Jones (1992 :45), “(...) todos os métodos são tentativas de tornar público o pensamento até então privado dos designers (...)”. A fragmentação desses procedimentos permitiu uma estruturação sólida dos aspetos que determinam esta investigação. Inicialmente, a metodologia foi não interventiva, realizada a partir da reunião de bibliografia relevante aos temas a serem abordados (manufatura aditiva, indústria 4.0, Louça de Viana, fauna e flora marítima de Viana do Castelo). Posteriormente optou-se por uma metodologia intervencionista, que teve por base a obtenção de experiência sobre a tecnologia a ser usada, tratando-se de um método empírico que procura encontrar as hipóteses satisfatórias (Cross, 2006).

Esta metodologia permitiu dividir a investigação em três momentos:

O primeiro momento, dedicado ao aprofundamento de conceitos teóricos, iniciou-se com um levantamento de informações através da revisão bibliográfica, da análise de documentos científicos em torno dos temas do design cerâmico, da manufatura aditiva cerâmica, dos diferentes tipos de manufatura aditiva e da indústria 4.0, onde se inserem as tecnologias de manufatura aditiva. Este momento termina com uma análise ao estado da arte, no que diz respeito a produtos cerâmicos impressos em 3D e a um caso de estudo sobre o designer Olivier van Herpt, cujo trabalho se foca na impressão 3D de peças cerâmicas. É estudado também o projeto de mestrado da ex-aluna Rita Novo na vertente do design como veículo de cultura, que abriu caminho para a análise da fauna e flora da costa marítima de Viana do Castelo e da Louça de Viana. Ainda nesta etapa iniciou-se um levantamento de diferentes impressoras 3D capazes de concretizar um projeto deste tipo, culminando com o desenvolvimento do própria impressora tendo em vista a materialização deste projeto. No final desta etapa, pretendeu-se ter disponível uma síntese dos conteúdos obtidos através da revisão bibliográfica e um mapeamento de entidades adequadas, que permitissem desenvolver uma parceria para a concretização adequada deste projeto.

O segundo momento desta investigação iniciou-se após a concretização da fundamentação teórica, onde está já presente a síntese de todo o conhecimento obtido anteriormente. Este momento permitiu a formulação de conceitos que foram imediatamente esboçados em papel. Como refere Henry “(...) o verdadeiro poder

do desenho reside no seu imediato e rapidez; na sua capacidade de materializar pensamentos e ideias rapidamente, para que possam ser expandidos ou compartilhados antes que desapareçam (...)” (2012 :7). Este momento foi determinado pela experimentação não só através do desenho, mas também da modelação digital, com recurso a software CAD (Computer Aided Design), além da produção de modelos à escala 1:5 através de tecnologias de manufatura aditiva, concretamente a impressão 3D por FDM (Fused Deposition Modeling). Com a realização destes trabalhos pretendeu-se obter experiência. A opção por esta estratégia, permitiu criar um vasto conjunto de soluções e relações para o “(...) problema e o universo das coisas que o provocam e o influenciam, recorrendo à observação e à reflexão a fim de compreendê-lo em profundidade e precisão e se munir de ideias e propostas para intervir na procura de soluções (...)” (Hsuan-Na, 2018 :305). Antes da conclusão desta fase identificaram-se entidades produtoras que pudessem colaborar na fase de prototipagem.

O projeto alcançou a terceira e última etapa retratando a materialização do conceito definido, com a maior aproximação à realidade, através da utilização de materiais próximos aos reais e das tecnologias estudadas. Este procedimento permitiu compreender o comportamento do produto desenvolvido, em aspetos como a estética, a ergonomia, a resistência ou o peso. No final desta fase obteve-se um conjunto sólido de protótipos que foram sendo alterados. “À medida que o projeto avança, o número de protótipos diminui enquanto a resolução de cada um aumenta, mas o objetivo permanece o mesmo: ajudar a refinar uma ideia e melhorá-la” (Brown, 2009 :107). No final desta fase de prototipagem contou-se com o apoio de uma entidade produtora que auxiliou na materialização do projeto e nos testes necessários para avaliar a qualidade dos protótipos realizados.

1.4 Questão de investigação

Em termos de investigação, o trabalho de projeto centrou-se essencialmente na seguinte questão: *de que forma a inclusão de tecnologias de manufatura aditiva no design de produtos cerâmicos, contribui para o incremento de uma nova linguagem estética e funcional, que se funde com a identidade de um lugar?*

1.5 Estruturação do projeto de mestrado

Este trabalho de investigação foi desenvolvido de acordo com as seguintes fases:

1ª Fase - Pesquisa, revisão bibliográfica, fundamentação teórica

- Pesquisa Bibliográfica;
- Análise de documentos científicos;
- Análise de casos de estudo.

2ª Fase – A impressão 3D de peças cerâmicas

- Estudo das diferentes impressoras disponíveis no mercado;
- Análise dos projetos já criados;
- Construção e teste da impressora 3D de pastas cerâmicas.

3ª Fase – Desenvolvimento do conceito

- Desenho;
- Modelação 3D e produção dos modelos;
- Desenvolvimento do protótipo final.

4ª Fase - Conclusões

- Análise do protótipo;
- Possibilidade de melhorias;
- Conclusões, aspetos positivos e negativos, e as considerações finais.

Parte I – Enquadramento da Investigação

2 Produtos cerâmicos

Este capítulo tem como objetivo expor produtos cerâmicos em termos das suas funcionalidades, materiais e processos de decoração, para que se possa ganhar uma visão mais alargada sobre os caminhos que este projeto acabou por tomar.

A cerâmica tem estado presente desde os primórdios da humanidade não só como forma de satisfação de uma necessidade (armazenar bens), mas também como uma manifestação cultural do seu tempo. Pode-se ainda considerar “como um dos materiais que melhor representa a cultura portuguesa, refletindo as características sociais, culturais, económicas e artísticas do país” (Aparo, 2010 :51).

No que diz respeito à produção de artefactos, estes podem dividir-se entre o utilitário, tratando-se de produtos com uma função distinta, e o decorativo, cuja função é meramente decorativa. Relativamente à cerâmica utilitária, esta pode assumir uma grande variedade de formatos e volumetrias, que vão desde pratos a travessas, de copos a canecas e de chávenas a bules, enquanto a cerâmica decorativa o único limite formal é unicamente definido pela tecnologia de fabrico e, nalguns casos, pelas técnicas artesanais disponíveis, já que em termos de inspirações estes objetos podem adquirir um número quase ilimitado de formas.

Relativamente aos materiais utilizados, os dois tipos utilizam diversas pastas cerâmicas, podendo abranger diferentes composições: porcelana, grés, faiança e terracota. De um modo geral, todas estas pastas podem ser trabalhadas através de técnicas artesanais, mas também industriais, tais como: a prensagem plástica e o *Roller* (pastas plásticas), o enchimento normal em moldes de gesso, ou sob-pressão em molde de resina (pastas líquidas). Mais recentemente surgiu a manufatura aditiva, que é um método de fabrico menos popular e, por isso mesmo, menos explorado sobre o qual se centra esta investigação.

Quanto à cozedura das pastas estas divergem dependendo da composição da pasta utilizada, que no caso da porcelana pode atingir temperaturas entre os 1300-1400°C, com um período em atmosfera redutora (tipicamente entre os 1000-1100°C até à temperatura máxima). Os produtos em porcelana caracterizam-se pela sua pureza, brancura, elevada resistência mecânica (superior a 1000 kgf/cm²), impermeabilidade (porosidade inferior a 0,5%) e translucidez, razões pelas quais é a

mais procurada ao longo da história da cerâmica. É por norma vidrada com vidrado transparente, unicamente para lhe conferir um aspeto brilhante, já que se procura manter sempre a sua tonalidade branca e translucidez original.

O grés é um bom exemplo do tipo de material indicado para a cerâmica utilitária, devido à sua baixa porosidade (inferior a 3%), que lhe confere também uma boa impermeabilidade, e elevada resistência mecânica (500-600 kg/cm²). É cozido a temperaturas médias de 1200° C e possui vidrados normalmente opacos e/ou coloridos, que lhe permitem obter resultados visuais muito orgânicos, enfatizando o seu carácter mineral.

A faiança, que em cru possui uma cor normalmente mais acinzentada, fruto de uma composição com maior quantidade de argilas plásticas, mas que branqueia após a sua cozedura, que pode ocorrer a temperaturas entre os 1000°C e os 1100°C (para pastas calcíticas). É dos produtos cerâmicos produzido com maior abundância em Portugal e é caracterizada pela grande variedade de vidrados coloridos e decorações que podem ser aplicados.

Por último, encontra-se a terracota, com uma cor avermelhada devido à sua composição maioritariamente à base de argilas vermelhas (com elevada percentagem de óxido de ferro), comumente utilizada para a produção de materiais de construção, jardinagem e decoração. No caso de cerâmica utilitária, devido à sua grande porosidade, os produtos em terracota têm obrigatoriamente que ser integralmente vidrados, para lhes conferir a indispensável impermeabilidade.

2.1 Linha de produtos

Neste projeto, que teve como objetivo final o desenvolvimento de uma linha de produtos de cerâmica, foi necessário compreender de que forma os diferentes elementos constituintes de uma linha de cerâmica podem ser trabalhados, mantendo-os no mesmo universo e não com caracteres tão divergentes que os coloquem em lugares distintos.

Seguiu-se então a análise de algumas linhas de produtos cerâmicos, tanto utilitários como decorativos, para destacar quais as suas características chave que os incluem.

Um dos maiores exemplos da faiança portuguesa são os produtos da Bordallo Pinheiro, com uma identidade própria inspirada pela cultura portuguesa e por elementos naturais bem conhecidos do povo português (figura 1). Nesse contexto, a

linha Couve representa bem essa utilização “da flora a sua base de inspiração decorativa, bem como a sátira e humor pela sociedade da época” (Mendes, 2016), exibindo uma linha de cerâmica utilitária inspirada na folha de couve e onde é utilizada a sua forma e cor característica, por toda a linha de produtos constituída por pratos, travessas e chávenas.



Figura 1 Coleção Couve de Bordallo Pinheiro (marca) Fonte: Bordallopinheiro.com

Outro exemplo são as peças criadas pelo designer holandês Aldo Bakker para a marca Thomas Eyck (figura 2). Esta linha de cerâmica utilitária apresenta-se como minimalista, mas ao mesmo tempo ousada, tomando uma abordagem pouco usual no seu material e decoração. A porcelana, que por norma é utilizada devido a sua cor branca e pura, é nesta linha revestida por um acabamento de cor cinzento-escuro típica da antracite, que “devido ao acabamento polido à mão, a superfície é densa e proporciona um brilho subtil”¹ t.e. 225 (s.d.). A linha é constituída por uma bandeja, três garrafas de tamanhos diferentes, copos empilháveis, também com três tamanhos diferentes, e um suporte para velas. Quanto ao seu formato, apresenta-se com formas arredondadas e minimalistas ao longo de toda a linha.

¹ Tradução livre do autor: “Due to the hand polished finish the surface is dense, and it provides a subtle shine” t.e. 225 (s.d.) Acedido em 10/04/2022, em <https://www.thomaseyck.com/collection/thomas-eyck/te-225>



Figura 2 Coleção Harvey de Aldo Bakker para Thomas Eyck (marca) Fonte: gessato.com

A linha projetada pelo designer de produto e artista Yuting Chang (figura 3), é uma linha de cerâmica utilitária de um carácter discreto, altamente inspirada num material pouco usual nesta tipologia de produtos, o contraplacado de madeira (*plywood*). A pasta cerâmica utilizada é a porcelana e “ao contrário da porcelana tradicional azul e branca, onde a decoração é pintada na superfície, a Plycelain é construída com padrões dentro do barro. Ao adaptar o processo de fundição por deslizamento, as camadas formam-se e linhas azuis subtis são expostas nas superfícies cortadas”² Plycelain (2020). A linha é composta por canecas, chávenas,

² Tradução livre do autor: “Unlike traditional blue and white porcelain, where the decoration is glazed on the surface, Plycelain is built with patterns inside the clay. By adapting the process of slip casting, layers form, and subtle blue lines are exposed on the cut surfaces.” Plycelain (2020) Acedido a 10/04/2022, em <https://yuting.studio/Plycelain>

pratos e tigelas, caracterizados pelo seu carácter contemporâneo dado pelo padrão utilizado.



Figura 3 Coleção Plycelain de Yuting Chang Fonte: yuting.studio

A coleção Adamastor (figura 4), assinada pela designer portuguesa Filipa Ricardo para a marca de cerâmica Porcel, também portuguesa, toma por inspiração o gigante mitológico exposto na obra de Luís Vaz de Camões, criando assim um conjunto de peças revestidas com uma textura intensa, inspirada no oceano onde é incorporada a colossal tempestade ao redor do gigante, materializando assim uma forte ligação com o contexto histórico português em todas as suas peças. O conjunto é constituído por pratos de diversas tipos, chávenas de chá e café, e inclui também peças decorativas (dois vasos).



Figura 4 Coleção Adamastor de Filipa Ricardo para a Porcel (marca) Fonte: porcel.pt

Também no setor dos produtos utilitários, foi criado pelo estúdio de design londrino Tiipoi com a colaboração do ceramista Mathew Sasa uma linha de cerâmica utilitária que procura combinar a tradição com técnicas contemporâneas (figura 5). Uma das suas especificidades é o seu material proveniente da vila indiana de Longpi, da qual Mathew Sasa é originário. Esta vila é conhecida pela sua cerâmica de tonalidade negra, criada através da mistura de argila com uma rocha serpentínica. Esta linha é constituída por duas panelas, uma frigideira e duas tigelas, “são feitas à mão, secas ao sol e depois queimadas a baixas temperaturas sem esmaltes. O fato de não serem vidrados significa que os potes são totalmente biodegradáveis”³ Pownall (2019).



Figura 5 Coleção Longpi de Mathew Sasa para a Tiipoi (marca) Fonte: theearthissue.com

A coleção Lines foi criada pela dupla de designers suecos Bernadotte & Kylberg para o seu estúdio recém-criado NJRD (figura 6). O design escandinavo tem uma forte influência na criação desta coleção, marcada pela sua funcionalidade e pelo seu minimalismo, “ranhuras definidas ao redor do exterior das tigelas e jarros, bem como ao longo da borda dos pratos, criam lugares confortáveis para segurar os objetos e torná-los interessantes de se olhar”⁴ Dezeen (2021) e encontra-se

³ Tradução livre do autor: “are made by hand, dried in the sun, then fired at low temperatures without any glazes. The fact that they are left unglazed means that the pots are completely biodegradable” Pownall (2019) Acedido a 10/04/2022, em <https://www.dezeen.com/2019/12/24/tiipoi-ceramics-mathew-sasa-design/>

⁴ Tradução livre do autor: “Defined grooves around the exterior of bowls and jugs, as well as along the rim of plates, create comfortable places to grip the objects and make them interesting to look at.” Dezeen (2021) Acedido a 10/04/2022, em <https://www.dezeen.com/2021/01/20/njrd-lines-tableware-bernadotte-kylberg-dezeen-showroom/>

disponível em quatro cores diferentes. Apesar de que em cada peça se utilizar uma única cor, percebe-se que existe um jogo entre a superfície diferente de dois vidrados, um brilhante e outro mate, proporcionando tanto uma experiência visual como tátil. Relativamente aos produtos que constituem esta linha podem-se encontrar pratos, tigelas, canecas, açucareiros, bules e jarras.



Figura 6 Coleção Lines de Bernadotte & Kylberg para a NJRD (marca) Fonte: njrd.com

No setor da cerâmica decorativa, a coleção desenvolvida pela designer e artista cerâmica italiana Paola Paronetto utiliza uma abordagem diferente na utilização dos materiais cerâmicos (figura 7). A autora combina o material cerâmico com a pasta de papel, o que proporciona uma textura única na superfície das peças. “Batizada com o nome de “safan”, um estilo de turbante usado no subcontinente indiano, a série apresenta formas cilíndricas justapostas”⁵ Gessato (s.d.) com variações de tamanhos e proporções, dando um carácter divertido e dinâmico às peças. Em relação às cores utilizadas, apresentam tons terra havendo por vezes detalhes a preto e/ou branco, de forma a realçar as suas formas.

⁵ Tradução livre do autor: “Named after “safa”, a style of turban worn in the Indian subcontinent, the series features juxtaposed cylindrical forms” Gessato (s.d) Acedido a 10/04/2022, em <https://www.gessato.com/safa-collection-paola-paronetto/>



Figura 7 Coleção Safan de Paola Paronetto Fonte: artemest.com

A coleção Dancing Vases tem autoria da ceramista estónia Raili Keiv, e foi desenvolvida para a marca NID (figura 8). Estes vasos de porcelana possuem uma base arredondada, onde se localiza a zona com maior peso e o seu centro de gravidade, o que permite balançarem quando tocados. Esta abordagem permite dar outra visão às peças cerâmicas, afastando-as de um produto estático para um mais dinâmico, com movimento. “A forma desses vasos é inspirada numa boneca tradicional rechonchuda conhecida como Jonnipunn, que a designer diz evocar memórias nostálgicas para todos os estonianos”⁶ Thursd (2021). Relativamente às variantes desta linha, ela pode ser encontrada entre dois tamanhos de vasos, com aplicações de vidrados que podem ir desde os efeitos de mármore, espelhado, perlescente ou em verde.

⁶ Tradução livre do autor: “The form of these vases is inspired by a traditional roly-poly doll known as Jonnipunn, which the designer says conjures nostalgic memories for every Estonian” Thursd (2021) Acedido a 10/04/2022, em <https://thursd.com/articles/dancing-vase-by-raili-keiv>



Figura 8 Coleção Dancing Vases de Raili Keiv para NID (marca) Fonte: nidstore.com

Egg Vessels é uma linha de objetos de decoração cerâmicos que procuram ir além da sua função decorativa desenvolvida pela designer e ceramista Maria Joanna Juchnowska para o seu estúdio *MARI JJ DESIGN*, nesta linha a autora pretende não só criar um objeto de decoração, mas também que esse objeto possa assumir uma função, utilizando a forma do ovo pelo seu simbolismo de vida em algumas culturas. “Cada vaso de porcelana é dividido em duas partes e está disponível em quatro tamanhos diferentes. Os utilizadores também podem escolher entre 10 acabamentos de cores diferentes”⁷ Crook (2020).



Figura 9 Coleção Egg Vessels de Maria Joanna Juchnowska Fonte: pamono.eu

A Vanitas Vanitatum é uma coleção de cerâmica também decorativa que procura explorar uma vaidade vã. Da autoria da designer Tamsin Van Essen é “uma

⁷ Tradução livre do autor: “Each porcelain vessel is divided into two parts, and is available in four different sizes. Users can also choose between 10 different colour finishes.” Crook (2020) Acedido a 10/04/2022, em <https://www.dezeen.com/2020/04/28/mari-jj-design-designs-egg-vessels-ventura-projects-vdf/>

coleção de vasos influenciados pelas pinturas holandesas de vanitas do século XVII, capturando o momento de decadência”⁸ Caula (2012) (figura 10). Nestas pinturas estavam expostos motivos mórbidos e explícitos da decadência da vida humana, característica que a autora transpôs para as suas obras, com a aplicação de uma decoração exuberante perturbando as formas dos vasos através da sua deterioração e ruína. Os vasos desta coleção apresentam várias formas, mas todos apresentam estes sinais de detioração, que servem também de ornamentos.



Figura 10 Coleção Vanitas Vanitatum de Tamsin Van Essen Fonte: tamsinvanessen.com

Criada pela designer e artista cerâmica Laura Itkonen, natural da Finlândia, a coleção Sculptural Series apresenta peças de cerâmica decorativa que possibilitam o armazenamento de substâncias, aliando assim a arte com a função (figura 11). Estes pequenos vasos são fabricados em porcelana e combinam o trabalhado de diferentes técnicas, “os recipientes de porcelana de cor pastel suaves servem como palco para as suas decorações escultóricas na superfície que vêm numa variedade de formas geométricas surpreendentes. Itkonen brinca com formas e texturas, incorporando elementos como cerâmica finlandesa áspera, pilhas de cilindros foscos ou brilhantes e grés pintado em suas tampas”⁹ Barba-Court (2019)



Figura 11 Coleção Sculptural Series de Laura Itkonen Fonte: lauraitkonen.com

⁸ Tradução livre do autor: “a collection of vases influenced from 17th century dutch vanitas paintings, capturing the moment of decay” Caula (2012) Acedido a 10/04/2022, em <https://www.designboom.com/design/tamsin-van-essen-vanitas-vanitatum-vases/>

⁹ Tradução livre do autor: “The muted pastel-colored porcelain containers serve as the stage for her sculptural surface decorations which come in a variety of surprising geometrical forms. Itkonen plays around with shapes and textures by incorporating elements such as rough Finnish earthenware, stacks of matte or

Finalmente, a coleção Crystalline Vases é o resultado de um longo tempo de desenvolvimento e experimentação de diferentes tipos de vidrados e foi realizada por Milan Pekař, artista cerâmico natural da República Tcheca (figura 12). A principal característica desta linha são os seus vidrados inteiramente da autoria de Pekař que, com a adição de vidrados cristalinos permite que “eles refratam a luz para criar um acabamento brilhante e luminescente, e a porcelana fina e delicada é imbuída de uma intrigante sensação de profundidade” Robertson (2021)¹⁰.



Figura 12 Coleção Crystalline Vases de Milan Pekař Fonte: bradford.studio

3 Materiais cerâmicos e tecnologias de manufatura aditiva

3.1 Manufatura aditiva

A primeira vez que é mencionado o conceito de manufatura aditiva foi pelo cientista e autor de livros de ficção científica *Arthur C. Clarke* no ano de 1964, como uma previsão do caminho que as tecnologias iriam tomar no futuro. Mais cedo do que o profetizado, segundo Lonjon (2017), na década de 80 o designer de automóveis japonês *Hideo Kodama* desenvolve o primeiro equipamento de impressão 3D através da utilização de radiação ultravioleta, cuja patente não foi preenchida dentro do prazo estipulado por razões de financiamento. Já em 1986

shiny cylinders and paint-dipped stoneware to her vessel covers” Barba-Court (2019) Acedido em 10/04/2022, em <https://plainmagazine.com/laura-itkonen-sculptural-series/>

¹

¹⁰ Tradução livre do autor: “Appearing in the heat of the kiln, they refract light to create a glossy, luminescent finish, and the thin, delicate porcelain is imbued with an intriguing sense of depth” Robertson (2021) Acedido em 10/04/2022, em <https://studiofenice.ch/milan-pekar-on-the-alchemy-and-chemistry-of-ceramics/>

Charles “Chuck” Hull patenteia a primeira impressora 3D e torna-se fundador da empresa 3D Systems.

Entre os anos 90 e 2000 surgem na indústria as impressoras por FDM (*Fused Deposition Modeling*), sendo unicamente utilizadas para a prototipagem industrial. Em 2009 é estabelecido o termo Manufatura Aditiva para designar a impressão 3D e, ainda nesse ano, a patente da impressão 3D por FDM expira, o que permite a produção das primeiras impressoras *low-cost*, havendo assim uma grande mudança ao nível dos preços praticados, para esta tecnologia que anteriormente chegava a custar mais de 160.000€ por impressora, para passar a rondar os 2.000€.

Atualmente os preços praticados chegam a ser inferiores a 100€, devido ao aumento de diversificação dos processos de manufatura aditiva e às diferentes possibilidades, em termos da qualidade disponibilizadas pelas diferentes marcas de impressoras 3D.

Cada impressora 3D é baseada no mesmo princípio, converter modelos digitais em objetos físicos, através da adição de várias camadas. O termo impressão 3D é o mais conhecido, mas oficialmente designa-se esta tecnologia por “manufatura aditiva” (MA). Esta tecnologia traz uma abordagem distinta á utilizada por norma na indústria, que tradicionalmente produzia produtos através da manufatura subtrativa (como tornos e fresas CNC) ou através da injeção de material (como nos moldes por injeção, muito usados no fabrico de produtos em plástico). A manufatura aditiva não requer obrigatoriamente a utilização de algum utensílio específico, já que a peça é produzida diretamente sobre uma plataforma camada a camada, este método de produção assume um conjunto de benefícios e limitações que serão abordados posteriormente nesta tese.

O processo começa com um modelo digital em 3D, que se pode considerar como os planos do objeto físico. Este modelo é “fatiado” através da utilização de um software que divide o objeto em camadas de duas dimensões e num conjunto de instruções na linguagem utilizada pela impressora (G-code), que permite executar a impressão.

A partir daqui as impressoras podem funcionar de vários modos. Um dos exemplos mais comuns são as impressoras por FDM, que produzem peças através da fusão de filamentos de plástico depositados sobre uma plataforma.

Quanto aos materiais utilizados, estes também podem variar de acordo com o processo utilizado, sendo que os plásticos são os mais comuns, mas existem

também outros materiais que podem ser impressos em 3D, nomeadamente: metais, resinas e pastas cerâmicas. As peças produzidas também podem ter uma ampla gama de propriedades físicas e estéticas.

Na atualidade, a relação do ser humano com as tecnologias de manufatura aditiva tem vindo a transcender a sua utilização exclusiva na indústria, registando-se um aumento da acessibilidade desta tecnologia a novos utilizadores, que vão surgindo de diferentes áreas de conhecimento.

Alguns dos exemplos a salientar são por exemplo na indústria automóvel, onde devido à facilidade de customização e rapidez, a manufatura aditiva tem vindo a desempenhar um papel cada vez mais relevante nesta indústria. A BMW, por exemplo, usou a MA na fabricação direta para fazer as ferramentas manuais usadas em testes de montagem. Essas ferramentas manuais personalizadas têm um melhor design ergonómico e são 72% mais leves do que as ferramentas manuais tradicionais. De acordo com a BMW, as ferramentas personalizadas ajudaram a economizar 58% nos custos gerais e reduzir o tempo do projeto em 92%”¹¹ Giff et al. (2014).

A manufatura aditiva tem-se transformado numa das ferramentas preferidas para a indústria cinematográfica, que está em constante evolução. Comparando um filme lançado há 40 anos, com um filme lançado mais recentemente, a diferença apenas nos efeitos especiais é estonteante. Presentemente, o objetivo é mergulhar o público num mundo o mais realista possível, ou pelo menos o mais próximo da realidade abstrata possível, no caso da ficção científica. É por isso que cenários, adereços e figurinos tornaram-se elementos-chave de muitos géneros de filmes. Para atingir esse objetivo, o mundo do cinema deve então adaptar-se às constantes mudanças, devido à sua alta flexibilidade as impressoras 3D ajudaram os profissionais do entretenimento a trazer à vida objetos que, até essa altura, se encontravam no seu imaginário, de uma forma bem mais rápida e por uma fração do custo praticado no passado. Um dos estúdios que tem feito uma utilização bem-sucedida desta tecnologia são os Legacy Effect Studios¹², responsáveis por sucedos

1

¹ Tradução livre do autor “BMW, for example, has used AM in direct manufacturing to make the hand tools used in testing and assembly. These custom-designed hand tools have better ergonomic design and are 72 percent lighter than traditional hand tools. According to BMW, the customized tools helped save 58 percent in overall costs and reduce project time by 92 percent.” Giff et al. (2014) Acedido a 11/03/2021 https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/additive-manufacturing-3d-opportunity-in-automotive/DUP_707-3D-Opportunity-Auto-Industry_MASTER.pdf

1

² <https://www.legacyefx.com>

de bilheteiras como “Os Vingadores” e “Avatar”, que para a produção do filme “Pantera Negra” (figura 13), em parceria com a designer Julia Körner, produziram os figurinos utilizados no filme. Ela “vê a impressão 3D como uma possibilidade de design adicional que permite a criação de estruturas complexas e elaboradas, que não podem ser obtidas com os métodos de fabricação tradicionais. Com os seus trabalhos, ela tenta unir tradição e progresso, combinando os dois métodos à sua maneira”¹³ Aysha (2020).

Com a ajuda da impressão 3D, designers do produto começaram a poder



Figura 13 Detalhes de figurino para o filme “Pantera Negra” Fonte: juliakoerner.com

materializar os seus conceitos de uma forma mais rápida e sem custos extras, com a liberdade de poderem realizar alterações durante todo o processo. Ao mesmo tempo permitiu-lhes criar protótipos funcionais e de alta qualidade. Esta tecnologia permite acelerar o processo de design, provando se uma ideia de produto funciona, antes que um grande investimento seja feito numa tecnologia de produção em larga escala.

Durante o projeto do produto, investir em capacidades de produção em massa nunca faz sentido economicamente para os fabricantes que desejam criar qualquer número de modelos personalizados. Por outro lado, a impressão 3D permite que eles produzam e trabalhem com alguns designs de produtos variáveis, quantas vezes forem necessárias e a custos muito baixos, antes de iniciar o fabrico comercialmente viável. ¹⁴ Dragu (2018)

¹

³ Tradução livre do autor “sees 3D printing as an additional design possibility that allows the creation of complex and elaborate structures that cannot be achieved with traditional manufacturing methods. With her works she tries to unite tradition and progress by combining the two methods in her own way.” Aysha (2020) Acedido a 05/11/2021, em <https://www.3dnatives.com/en/3d-printing-cinema-040820204/#>

¹

⁴ Tradução livre do autor “During product design, investing in mass-production capacities never makes economic sense to manufacturers that want to create any number of custom-designed models. On the other

Um dos exemplos que ressalta da utilização de manufatura aditiva, como um processo para a criação de um produto, pode ser encontrado no Instituto Politécnico de Viana do Castelo, na dissertação de Mestrado em Design Integrado de Rita Novo (2020), que para o desenvolvimento do Prémio de Distinção para o XX *Lethes*, festival de tunas de Viana do Castelo, utilizou a impressão em 3D de modelos, como forma de teste para o formato do prémio (figura 14). Simultaneamente, usou ainda essa mesma tecnologia na produção de moldes em gesso que levaram ao desenvolvimento final do prémio. Este comportamento de testagem do modelo anterior à produção final permitiu a correção de “problemas de proporções e equilíbrio visual e físico da peça (...) para que se pudesse entender como funcionaria a forma do prémio num momento de utilização”. Novo (2020)



Figura 14 Modelo à escala 1:5 do prémio em impressão 3D Fonte: Rita Novo

Uma das áreas que ainda carece do contributo desta tecnologia é a área da educação, as escolas ainda se encontram numa fase inicial da adoção deste tipo de tecnologia, mas as que já a adotaram encontraram um novo meio de complementar o ensino. Com a impressão 3D os professores e os alunos poderão materializar facilmente conceitos de difícil compreensão, permitindo também captar melhor o interesse dos alunos através dos objetos impressos, do que conseguiriam com a apresentação de imagens de objetos. No caso dos alunos de design, arquitetura e engenharia esta tecnologia possibilitará a produção de pequenos modelos tridimensionais, que permitirão a lecionação de aulas mais interativas, usando por exemplo modelos disponíveis online, imprimir representações de órgãos e ossos

hand, 3D printing lets them produce and work with a few variable product designs as many times as necessary and at relatively lower costs before commencing commercially-viable manufacturing. Dragu (2018) Acedido a 05/11/2021, em <https://3duniverse.org/2018/10/15/product-designers-using-3d-printing/>

para o ensino sobre o corpo humano, entre outros exemplos. Com esta aproximação a um público mais jovem “a impressão 3D terá cada vez mais importância no futuro e levará a profundas transformações económicas e sociais por meio da tecnologia”¹⁵ Michelle (2018). Estes recentes desenvolvimentos, têm vindo a potenciar a criação de opções que permitem até crianças brincarem com a manufatura aditiva, nesse sentido a *Toybox* é uma impressora criada para o público infantil, que permite dar forma á criatividade dos mais novos sem comprometer a sua segurança (figura 15).



Figura 15 Impressora 3D Toybox Fonte: toybox.com

Para além da impressora, esta empresa também começou a construir uma biblioteca online de modelos, contando até ao momento com mais de 500.

O setor da saúde pode ser visto como um dos primeiros setores a adotar as tecnologias de manufatura aditiva, mas ao mesmo tempo é aquele com mais potencial para crescimento, devido à sua fácil personalização esta técnica permite criar soluções que se adaptem às carências particulares de cada pessoa, melhorando assim o nível de bem-estar que este setor pode providenciar. Relativamente às suas aplicações, elas tanto podem ser na produção de protótipos para o desenvolvimento de determinado produto, como na odontologia através da criação de alinhadores dentários, ou na produção de próteses adaptadas às necessidades específicas de cada pessoa.

Uma das aplicações que muito recentemente teve um enorme impacto, ocorreu durante a pandemia do Covid-19, quando num momento de grande

1

⁵ Tradução livre do autor “3D printing will have more and more importance in the future and will lead to profound economic and social changes through technology” Michelle (2018)

escassez de válvulas dos ventiladores usados na respiração assistida dos pacientes, em que a solução mais rápida que foi encontrada acabou por ser a produção dos mesmo pela impressão 3D. Esta iniciativa permitiu solucionar “certas emergências que resultam em decisões de vida ou morte (...) essa procura crítica resultou na criação de uma *startup* italiana, Isinnova (figura 16), que resultou numa comunidade



Figura 16 Válvulas para ventiladores impressos em 3D Fonte: Interreg-central.eu

de especialistas em impressão 3D, constituída por médicos e engenheiros, que desenvolveram com sucesso métodos para a fabricação dessas válvulas que permitiu reforçar o fornecimento local”¹⁶, Tino et al. (2020)

Tal como no setor da saúde, o setor aeroespacial foi um dos primeiros a adotar a impressão 3D como uma das principais formas de fabrico, no desenvolvimento e prototipagem de produtos. Estes trabalhos, sendo normalmente conduzidos por parcerias entre empresas e institutos académicos de investigação, procuram ultrapassar os limites das próprias tecnologias, para aplicações no setor da engenharia aeroespacial. Tendo em conta a natureza crítica do desenvolvimento de novos aviões, os padrões de exigência são elevados, o que tem levado os sistemas de impressão 3D a serem colocados à prova. Contudo, as peças utilizadas no setor aeroespacial não críticas, já estão prontas para serem utilizadas para voar em aeronaves. Sendo um dos principais objetivos minimizar o peso do avião, a manufatura aditiva permitiu a esta indústria criar soluções para a produção de peças com um menor volume e peso. Um caso onde a manufatura aditiva foi bem-sucedida no setor aeroespacial, segundo o *3D Printing Media Network* (2017), foi com a empresa *GE Aviation*, onde para a produção de um bico de combustível necessário

1

⁶ Tradução livre do autor “certain emergencies resulting in life-or-death decisions (...) This critical demand has resulted in the 3D printing community of physicians and engineers at a local Italian startup Isinnova successfully developing methods for manufacturing these valves to bolster local supply” Tino et al. (2020) Acedido em 11/03/2021 em <https://threedmedprint.biomedcentral.com/articles/10.1186/s41205-020-00064-7>

para um avião a jato implicava a soldadura de 20 peças, consegui criar uma única peça impressa em metal e que atingiu ainda uma durabilidade cinco vezes superior



Figura 17 Bico de combustível para jato impresso em 3D Fonte: 3dprintingmedia.network

e com $\frac{3}{4}$ do peso original.

Muitas vezes, no ramo da robótica e da automação, são necessárias peças personalizadas para o desenvolvimento de mecanismos robóticos. A manufatura aditiva evoluiu ao ponto de se tornar uma das principais tecnologias de manufatura para esta indústria, por razões que se prendem com a grande velocidade de produção, a liberdade de design e a fácil personalização. Um dos exemplos encontrados foi o projeto ASLAN (figura 18), criado pelos alunos de engenharia da Universidade da Antuérpia, que construíram um braço robótico capaz de traduzir discursos em linguagem gestual, onde a maioria dos componentes utilizados foram produzidos através da impressão 3D. A intenção deste projeto foi a criação uma solução, para situações onde não haja um tradutor de linguagem gestual e que com o aumento da acessibilidade à impressão 3D “...este robô possa ser feito facilmente por qualquer pessoa que precisar. Além disso, as peças partidas podem ser rapidamente substituídas com uma impressora 3D”¹⁷. Watkins (2017)

1

¹⁷ Tradução livre do autor “the hope is that this robot can be easily made by anyone who needs it. In addition, broken parts can be quickly replaced with a desktop 3D printer” Watkins (2017) Acessado a 05/11/2021, em <https://all3dp.com/project-aslan-3d-printed-sign-language-robot/>

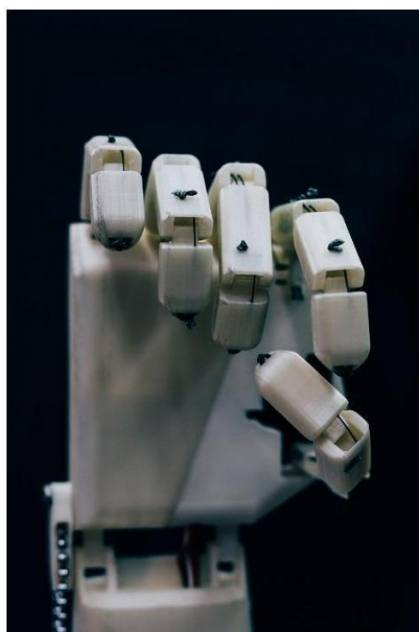


Figura 19 Projeto ASLAN, braço robótico impresso em 3D Fonte: Designboom.com

A manufatura aditiva, apesar da sua utilidade prática, tem-se também tornado um dos *hobbies* de eleição, que vão desde simples entusiastas, a designers, a arquitetos e engenheiros. Algo que tem contribuído para esta afirmação como *hobbie* é o crescimento de diferentes comunidades de partilha de conteúdo, sendo atualmente possível encontrar uma vasta biblioteca online, que disponibiliza objetos para impressão, quer tenham um objetivo prático ou meramente decorativo (como por exemplo a página da Thingiverse, figura 19). Este comportamento de DIY (sigla de *Do It Yourself*¹⁸) veio a permitir a dissipação de uma das limitações que poderia vir a impedir a realização deste projeto.

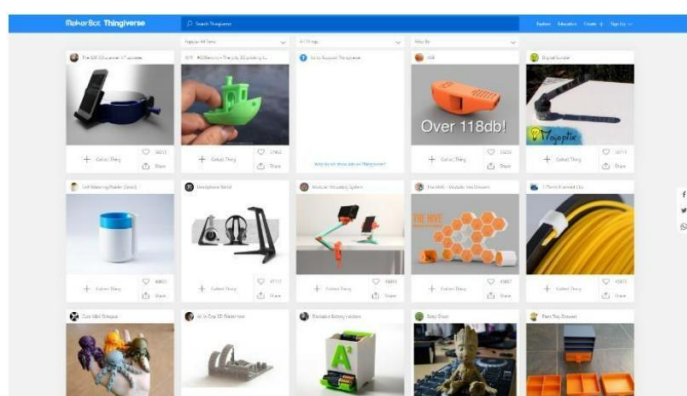


Figura 18 Página inicial do site Thingiverse Fonte: Thingiverse.com

1

⁸Tradução livre do autor: Faça você mesmo

3.1.1 Os diferentes tipos de manufatura aditiva

Fused Deposition Modelling (FDM)

Na impressão por FDM, uma bobine de filamento é carregada na impressora até ao bocal de extrusão que será aquecido até à temperatura certa para a fusão do material, depois das temperaturas indicadas serem atingidas, o motor da extrusora é acionado fazendo o filamento passar pelo bocal de extrusão, onde derrete. “A impressora então move o cabeça de extrusão, colocando o material derretido em um local preciso, onde ele esfria e solidifica”¹⁹ Redwood et al. (2017 :36) . Depois de concluída uma camada, a plataforma move-se e o processo é repetido na camada seguinte e assim sucessivamente, até que a peça seja concluída. Após a impressão, a peça geralmente está pronta para uso, mas pode ser necessário algum pós-processamento (acabamentos finais), como remover estruturas de suporte ou alisar a superfície.

Impressão por FDM é a maneira mais económica de produzir peças termoplásticas e protótipos personalizados (figura 20). Como limitação, em comparação com outras tecnologias de impressão 3D, o FDM tem uma menor precisão dimensional e resolução. Nas peças obtidas por FDM poderão ser visíveis as linhas das camadas e, por isso mesmo, nalguns casos o pós-processamento poderá ser necessário para acabamentos da superfície. Além disso, segundo Lovo e Fortulan (2016) o mecanismo de ligação destas camadas torna as peças por FDM inerentemente anisotrópicas. Significando assim que as peças terão alguns pontos fracos em determinadas direções, não sendo adequadas para aplicações críticas.

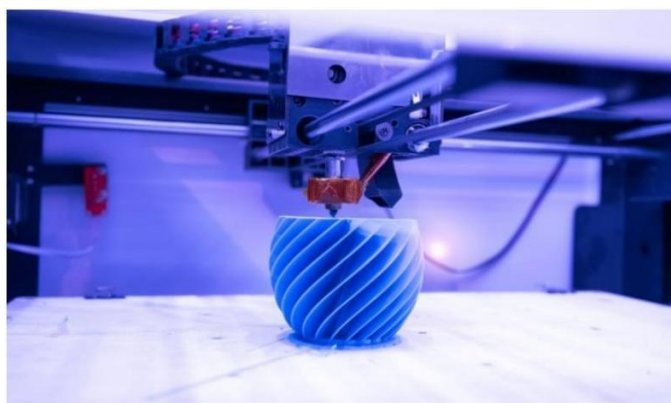


Figura 20 Impressão por FDM Fonte: 3dnatives.com

1

⁹ Tradução livre do autor: “The printer then moves the extrusion head around, laying down melted material at a precise location, where it cools down and solidifies” Redwood et al. (2017)

Stereolithography e Digital Light Processing (SLA e DLP)

Os processos de impressão por SLA e DLP são semelhantes, uma vez que ambos usam uma fonte de luz UV para solidificar (curar) a resina líquida num recipiente, camada por camada. A SLA (figura 21) usa um laser de luz ultravioleta para curar com precisão as seções transversais de foto-polímero o que é o ponto único para a cura da resina, enquanto o DLP usa um projetor de luz digital para piscar uma única imagem de cada camada de uma só vez. Após a impressão, a peça precisa ser limpa da resina e exposta a uma fonte de luz UV, para melhorar sua resistência final. Em seguida, as estruturas de suporte são removidas e dá-se um acabamento superficial caso seja necessário.

Tanto a SLA como o DLP podem produzir peças com alta precisão dimensional, detalhes intrincados e um acabamento de superfície muito suave, sendo ideais para a produção de protótipos visuais, tendo à sua disposição uma grande variedade de materiais especiais, transparentes, resinas flexíveis, moldáveis e biocompatíveis, ou materiais indicados para aplicações industriais específicas. Em geral, as peças por SLA e DLP são mais frágeis do que as peças por FDM, portanto não são mais adequados para protótipos funcionais. Além disso, as partes fabricadas por estas duas tecnologias não devem ser usadas ao ar livre, pois as suas propriedades mecânicas e cor degradam-se quando são expostos à radiação ultravioleta do sol. As estruturas de suporte são sempre necessárias na SLA e DLP, que podem originar pequenas manchas, nas superfícies em contato peça/suporte, havendo a necessidade de um pós-processamento para as remover.

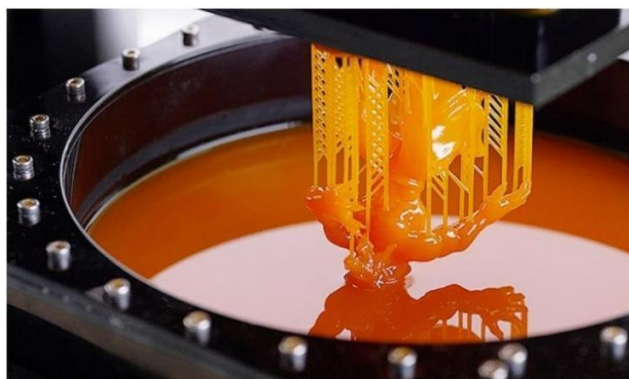


Figura 21 Impressão por SLA Fonte: 3dnatives.com

Selective Laser Sintering (SLS)

O processo de SLS começa com o aquecimento de um recipiente de pó de polímero para uma temperatura logo abaixo do ponto de fusão do material. Uma lâmina ou rolo passa de seguida e deposita uma camada muito fina de pó (normalmente 0,1 mm de espessura) na plataforma de construção. Um laser de CO₂ varre a sua superfície e seletivamente sintetiza as partículas, ligando-as. Quando toda a secção transversal é sintetizada, a plataforma desce uma camada e o processo repete-se. O resultado é uma caixa cheia de peças cercadas por pó não sintetizado. Após a impressão, a plataforma precisa de arrefecer antes que as peças sejam removidas do pó não sintetizado e limpas. Algumas etapas de pós-processamento podem então ser usadas para melhorar a aparência visual, como polir ou tingir.

As peças obtidas por SLS têm boas propriedades mecânicas isotrópicas, sendo ideais para a produção de peças funcionais e protótipos. Não havendo suporte são necessárias estruturas (o pó não sintetizado atua como suporte) e, por isso mesmo, projetos com geometrias muito complexas podem ser facilmente fabricados (figura 22). A SLS também é excelente para produção de lotes pequenos e médios (até 100 peças), uma vez que a caixa pode ser preenchida com pó de impressão em todo o seu volume e várias peças podem ser impressas numa única operação de impressão. As impressoras SLS são geralmente sistemas industriais de última geração e isso limita a disponibilidade da tecnologia e aumenta o seu custo (em comparação com FDM ou SLA, por exemplo). As peças por SLS têm uma superfície naturalmente granulada e alguma porosidade interna. Se uma superfície lisa ou impermeável for exigível, serão necessárias etapas adicionais de pós-processamento.



Figura 22 Impressão por SLS Fonte: mkstechgroup.com

Material Jetting (PolyJet)

O sistema *Material Jetting* funciona de maneira semelhante à impressão com jato de tinta padrão. No entanto, em vez de imprimir uma única camada de tinta num pedaço de papel, múltiplas camadas de material são depositadas umas sobre as outras para criar uma parte sólida. Várias cabeças de impressão injetam centenas de pequenas gotículas de foto polímero na plataforma de construção, que são então solidificadas (curadas) por uma fonte de luz UV (figura 23). Depois de uma camada ser concluída, a plataforma de construção desce uma camada e o processo repete-se. Neste caso, as estruturas de suporte são sempre necessárias na injeção de material, mas para isso usa-se um material solúvel em água como suporte, que pode depois ser facilmente dissolvido durante o pós-processamento e que é impresso em simultâneo com o material estrutural.

O *Material Jetting* é uma das tecnologias de manufatura aditiva mais precisa (como SLA e DLP) e é um dos poucos processos de impressão 3D que oferece recursos de impressão em vários materiais e cores. As peças produzidas por jato de material têm uma superfície muito lisa, comparável à moldagem por injeção, e uma precisão dimensional muito alta, tornando-as ideais para protótipos realistas e peças que precisam de um excelente acabamento visual. A tecnologia de *Material Jetting* é uma das formas de impressão 3D mais caras e o fabrico de peças por este processo podem tornar-se financeiramente inviáveis para algumas indústrias. Além disso, as peças produzidas com *Material Jetting* não são as mais adequadas para aplicações funcionais. Como a SLA e o DLP, os materiais usados com este processo são termoendurecíveis e por isso as peças produzidas tendem a ser quebradiças, sendo também fotossensíveis, o que provoca a perda das suas propriedades com a exposição à luz solar.



Figura 23 Impressão por Material Jetting Fonte: mccourier.com

Direct Metal Laser Sintering & Selective Laser Melting (DMLS & SLM)

A tecnologia *Direct Metal Laser Sintering* e a *Selective Laser Melting* produzem peças de forma semelhante à SLS. Um sistema laser liga seletivamente as partículas de pó, camada por camada, e a principal diferenciação é que quer a DMLS quer a SLM produzem peças de metálicas. A diferença entre os processos DMLS e SLM é ténue, no sistema SLM atinge-se uma fusão completa das partículas de pó metálico, enquanto na DMLS aquecem-se as partículas de metal apenas a ponto em que se fundem ao nível molecular. Também, nestes dois casos, as estruturas de suporte são sempre necessárias, para minimizar a distorção causada pelas altas temperaturas, necessárias para fundir as partículas de metal. Após a impressão, os suportes de metal precisam ser removidos manualmente ou por meio de maquinação CNC. A maquinação também pode ser usada para melhorar a precisão de pormenores críticos (por exemplo, furos). Finalmente, as partes são tratadas termicamente para eliminar quaisquer tensões residuais.



Figura 24 Impressão por DMLS Fonte: beamler.com

Os processos de impressão DMLS e SLM são ideais para a fabricação de peças metálicas com geometrias mais complexas, comparativamente aos métodos de fabricação tradicionais, através dos quais muitas vezes a sua produção não é viável. As peças produzidas através da impressão por DMLS e por SLM devem ser otimizadas para ampliar o seu desempenho, minimizando o seu peso e a quantidade de material usado. As peças obtidas por DMLS e SLM têm excelentes propriedades físicas, muitas vezes superando a resistência do metal bruto. No entanto, os custos associados à impressão por DMLS e SLM são elevados e as peças produzidas por estes processos custam normalmente entre 4.200 € e 21.000 €. Por este motivo, ambas as impressões só devem ser usadas para fabricar peças que não sejam possíveis de produzir por qualquer outro método alternativo. Além disso, o tamanho

de construção dos modernos sistemas de impressão 3D de metal é limitado, já que as condições necessárias para a sua produção são difíceis de manter em grandes volumes de construção (peças de maiores dimensões).

Binder Jetting

O processo *Binder Jetting* é uma tecnologia flexível com diversas aplicações, que vão desde a impressão 3D de metal de baixo custo, até à prototipagem a cores e à produção de moldes de fundição em areia. No *Binder Jetting*, uma fina camada de partículas de pó (sejam elas de metal, de acrílico ou de arenito) são depositadas na plataforma de construção. Em seguida, gotas de adesivos são injetadas através duma cabeça de impressão a jato de tinta, para unir seletivamente as partículas de pó e construir uma parte da camada. Depois da impressão estar concluída, a peça é retirada do pó e limpa. Nesta fase, é ainda muito frágil e é necessário um pós-processamento adicional. Para peças de metal, isso envolve sintetização térmica (semelhante à fabricação por injeção metálica) ou infiltração com um metal de baixo ponto de fusão (por exemplo, bronze). Na produção de peças coloridas, estas são infiltradas com adesivo de cianoacrilato, popularmente conhecido por supercola e simultaneamente pigmentos.

O *Binder Jetting*, figura 25, pode produzir peças de metal e protótipos coloridos numa fração do custo comparando com a DMLS e SLM ou o *Material Jetting*. Grandes peças de arenito também podem ser fabricadas com *Binder Jetting*, dado que o processo não é limitado por efeitos térmicos (por exemplo, empenamentos). Uma vez que nenhuma estrutura de suporte é necessária durante a impressão, as peças produzidas por *Binder Jetting* podem conter geometrias complexas, tal como o SLS, e a produção de lotes de baixa e média dimensão é neste caso possível, fazendo-se o preenchimento de todo o volume de construção (bem maior que nos casos do DMLS e do SLM). As peças metálicas obtidas por *Binder Jetting* têm propriedades mecânicas menores do que o material a granel, devido à sua porosidade, e devido aos requisitos especiais do pós-processamento do *Binder Jetting*, surgem ainda restrições especiais no design das peças. Detalhes muito pequenos, por exemplo, não podem ser impressos, uma vez que as peças ficam muito quebradiças quando saem da impressora. As peças de metal também podem deformar durante a sintetização ou durante a etapa de infiltração, se não forem suportadas corretamente.



Figura 25 Impressão por Binder Jetting Fonte: all3dp.com

3.1.2 Manufatura aditiva de cerâmica

A manufatura aditiva de peças cerâmicas em termos de execução pode-se dividir em cinco processos diferentes. O primeiro a *Liquid Deposition Modeling* (LDM), semelhante à impressão por FDM relativamente ao formato que a impressora pode tomar, dos componentes tecnológicos presentes para o seu funcionamento e da sua precisão de impressão, a grande diferença está no material cerâmico, que se encontra num estado plástico (figura 26) e que é extrudido por pressão de ar comprimido ou por ação mecânica. A pasta cerâmica é então conduzida até a cabeça de impressão, através da qual é depositada na plataforma e assim se repete este processo, camada a camada, até à finalização da peça.

Tal como na impressão por FDM, a peça produzida por LDM evidenciará as linhas das camadas. No entanto, apesar de ser possível definir a altura de cada camada na tentativa de alcançar um aspeto visual mais uniforme, após a cozedura e vidragem das peças as linhas de impressão tornam-se praticamente impercetíveis. A sua maior limitação encontra-se na geometria que as peças impressas devem apresentar. Por não ser possível a adição de suportes e pelo facto da pasta cerâmica se encontrar num estado plástico, as geometrias apresentadas pelas peças têm ser maioritariamente verticais, embora dependendo da densidade da pasta cerâmica é possível alcançar geometrias um pouco mais horizontais, quando são usadas pastas cerâmicas mais densas, no entanto, até este momento é impossível utilizar este tipo de impressão, para a produção de peças com geometrias horizontais.

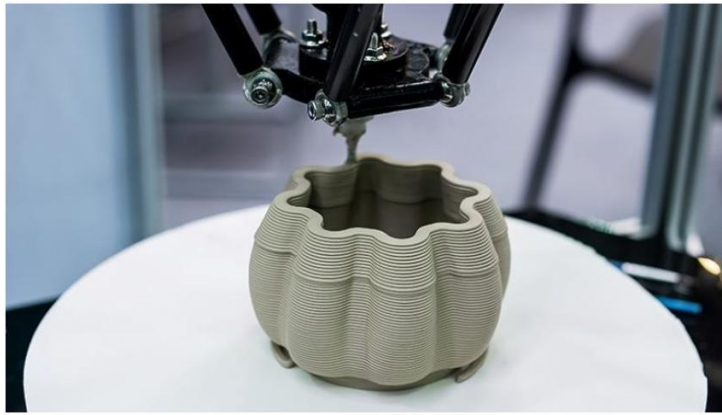


Figura 26 Impressão por pasta cerâmica Fonte: imeche.org

Os processos de *Binder Jetting* (figura 27) e de *Selective Laser Sintering* (SLS) também podem ser utilizados para a produção de peças cerâmicas. Estes dois processos alcançam resultados semelhantes, mas diferentes aos que se obtêm na LDM, uma vez que existe uma maior liberdade relativamente à geometria que a peças produzidas podem tomar. Como em ambos os casos o pó que não é utilizado atua como um suporte, é agora possível a utilização de geometrias horizontais, apesar de nestes dois tipos de impressão as peças produzidas apresentarem uma superfície granulada.



Figura 27 Impressão por Binder Jetting de peças cerâmicas Fonte: 3dprint.com

Os últimos dois processos, também usados na impressão 3D de peças cerâmicas, são a *Stereolithography* (SLA) e a *Digital Light Processing* (DLP) (figura 28). Através da utilização destas duas tecnologias tornou-se possível a impressão de uma resina foto-polimérica preenchida com sílica (processo utilizado pela empresa americana *Formlabs*). É a utilização desta resina que permite criar peças com um acabamento liso, muito semelhante à porcelana, e uma total liberdade nas geometrias que podem ser adotadas.



Figura 28 Impressão por SLA/DLP de peças cerâmicas Fonte: 3dnatives.com

Apesar destes cinco processos serem muito distintos na produção de peças cerâmicas, o processo produtivo após a impressão 3D é comum em todos eles e, tal como na produção tradicional dos produtos cerâmicos, as peças após produção estão no estado cru, terão ainda que ser cozidas num forno adequado ao ciclo térmico da pasta escolhida (num forno cerâmico) e opcionalmente vidradas e cozidas de novo.

3.2 Exemplos de impressoras

Sendo um dos objetivos desta investigação perceber e analisar o comportamento de uma impressora 3D na extrusão de pastas cerâmicas, quando se pretende realizar e um conjunto de objetos, tornou-se imperativo compreender as características específicas deste tipo de equipamento.

Em relação ao seu formato, este pode se dividir principalmente em duas diferentes tipologias: o cartesiano e o delta (figura 29). No entanto, os resultados produzidos por ambas são semelhantes em termos de qualidade, sendo que a principal diferença reside no volume que as peças produzidas podem ter. Enquanto numa impressora cartesiana o volume máximo de impressão terá um formato cúbico ou paralelepípedo, já na impressora delta as peças impressas poderão ter um formato cilíndrico, o que permite normalmente produzir peças mais altas.



Figura 29 Impressora cartesiana e impressora delta Fonte: aniwaa.com

Outro aspeto que pode diferenciar as impressoras é o seu método de extrusão de pasta cerâmica, que tanto pode ser realizado por ação mecânica ou pela utilização de ar comprimido, produzido com o auxílio de um compressor. Na primeira opção, a rotação controlada de um motor permite a descida de um êmbolo que promove a extrusão da pasta cerâmica. A vantagem desta opção é possibilitar parar a extrusão por comando, ou seja, pode não ser uma extrusão contínua, o que permite criar peças com bifurcações e, deste modo, com geometrias mais complexas. No entanto, uma vez que o processo está dependente da força constante exercida por um motor de passo, isto obriga a que a pasta cerâmica esteja bem uniforme e com a plasticidade correta para ser utilizada, o que nem sempre é fácil devido à fácil variação da plasticidade das pastas cerâmicas (p.ex. devido a alterações da percentagem humidade).

No caso da pasta cerâmica extrudida por ação de ar comprimido (ver figura 30) acontece precisamente o contrário. Como a pressão do ar pode ser regulada, quando durante a impressão a pasta começar a endurecer, basta simplesmente aumentar a pressão do ar comprimido, mas, neste caso, a desvantagem é que o facto de a extrusão ser contínua, não permite uma grande complexidade na geometria das peças.

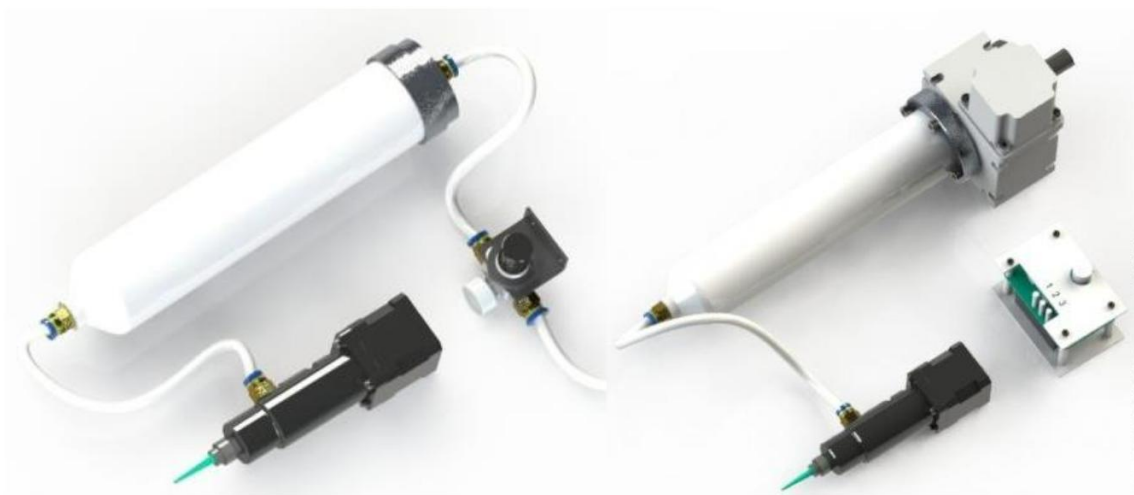


Figura 30 Exemplo de extrusora por ar comprimido (à esquerda) e por ação mecânica (à direita) Fonte: cerambot.com

De seguida apresentam-se alguns exemplos de impressoras 3D com capacidade de realizar projetos de impressão de peças cerâmicas (figuras 31 a 37). Todos estes exemplos referem-se a impressoras preparadas para extrudirem diferentes pastas cerâmicas por *Liquid Deposition Modeling* (LDM), não estando neste caso incluídas as máquinas que trabalham com os processos de *Binder Jetting*, SLS, SLA e DLP.



Figura 31 3D PotterBot 10 Pro Fonte: 3dpotter.com

3D PotterBot 10 Pro

Fabricante: 3DPOTTER

País: EUA

Volume de impressão: 415x405x500 mm

Descrição: É uma impressora 3D de cerâmica que usa uma extrusora de pasta estacionária com a capacidade de 2 L, o que significa que a pasta cerâmica sai diretamente do bico de extrusão sem a necessidade de compressores de ar ou mangueiras.



Figura 32 Pam Series MC Fonte: pollen.am

Pam Series MC

Fabricante: Pollen AM

País: França

Volume de impressão: $\varnothing 300 \times 300$ mm

Descrição: É uma impressora 3D estilo delta, que pode imprimir tanto materiais cerâmicos como metais ou até termoplásticos, os materiais encontram-se em forma de *pellets*, sendo assim mais acessíveis e com menos dificuldade de preparação.



Figura 33 StoneFlower 4.0 Fonte: stoneflower3d.com

StoneFlower 4.0

Fabricante: StoneFlower

País: Alemanha

Volume de impressão: 500x500x800 mm

Descrição: Esta marca pode fabricar impressoras 3D com diferentes volumes de impressão, dependendo do que o cliente procura, comercializa também em separado as extrusoras e cabeças de impressão, o que permitir incorporar estes componentes em impressoras 3D convencionais.



Figura 35 DeltaWASP 2040 Fonte: 3dwasp.com

DeltaWASP 2040

Fabricante: WASP

País: Itália

Volume de impressão: Ø200x400 mm

Descrição: Esta impressora é uma opção mais compacta oferecida pela marca WASP, utiliza extrusão por ar comprimido e é das mais populares dentro das impressoras 3D de cerâmica.



Figura 34 LUTUM 5 Fonte: vormvrij.nl

LUTUM 5

Fabricante: VormVrij

País: Países Baixos

Volume de impressão: 430x450x500 mm

Descrição: Esta marca oferece uma grande variedade de dimensões de impressão, como também de métodos de extrusão, tecnologicamente é das mais avançadas permitindo ligação wi-fi



Figura 36 Cerambot Delta Fonte: cerambot.com

Cerambot Delta

Fabricante: Cerambot

País: China

Volume de impressão: $\varnothing 170 \times 285$ mm

Descrição: Esta marca oferece uma opção mais acessível em termos de preço, devido ao preço dos componentes utilizados terem um preço menor aos dos exemplos anteriores. No entanto a sua montagem bastante mais trabalhosa, uma vez que é vendida totalmente desmontada, mas oferece duas opções de extrusão: por ar e por ação mecânica, opções que também estão disponíveis para venda em separado.



Figura 37 Eazao Zero Fonte: eazao.com

Eazao Zero

Fabricante: Cerambot

País: China

Volume de impressão: 150x150x240 mm

Descrição: Este é o segundo modelo produzido pela marca Cerambot, a pasta é extrudida por ação mecânica e, apesar do seu volume de impressão ser o menor, tem a vantagem de se encontrar pré-montada.

3.3 Construção de uma impressora 3D para cerâmica

A utilização deste tipo de tecnologia encontrou um entrave, já que em Portugal não se encontram disponíveis em grande número. Num levantamento sobre as entidades nacionais onde este tipo de impressão estaria disponível encontrou-se apenas o Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (CTCV) em Coimbra, o *Advanced Ceramics R&D Lab* em Guimarães e a Fábrica Moderna em Lisboa. Infelizmente, devido às limitações impostas pela pandemia de Covid-19, tornou-se impossível estabelecer uma possível parceria com estas entidades, deixando a realização deste projeto dependente de uma solução alternativa.

Esta situação impulsionou o levantamento de uma questão: seria possível criar uma impressora 3D de cerâmica de forma independente e autónoma?

Foi durante o período de confinamento, que uma vontade de criar soluções para a realização deste projeto se impôs e iniciou-se assim uma procura por impressoras 3D de cerâmica, que tenham sido criadas de forma independente. Durante esta procura encontraram-se dois designers e artistas cerâmicos que criaram as suas próprias impressoras 3D e que ao mesmo tempo disponibilizaram online, de forma livre, os projetos para que possam ser recriados.

O primeiro projeto encontrado foi de Jonathan Keep, (figura 38), que desenvolveu uma impressora 3D de formato delta, com um método de extrusão por ar comprimido, embora mais tarde tenha desenvolvido uma opção de extrusão por ação mecânica. Esta impressora, em termos estruturais, é constituída por tubos de inox, com partes de madeira e acrílico cortadas por intermédio de maquinaria CNC. Para além dos elementos estruturais utiliza também um conjunto de componentes eletrónicos.



Figura 38 Impressora 3D de Jonathan Keep Fonte: keep-art.co.uk

A segunda opção identificada foi a impressora de Bryan Czibesz, figura 39, também com um formato delta e partes de madeira cortadas por maquinaria CNC. Esta impressora tomou como inspiração a de Jonathan Keep, mas com uma abordagem mais baseada na impressão 3D, uma vez que diversas partes da impressora foram impressas em 3D, o seu topo e base continuam a ser em madeira, assim como as suas colunas em tubos inox. Relativamente aos componentes eletrônicos estes são os mesmos utilizados no primeiro exemplo de Jonathan Keep.

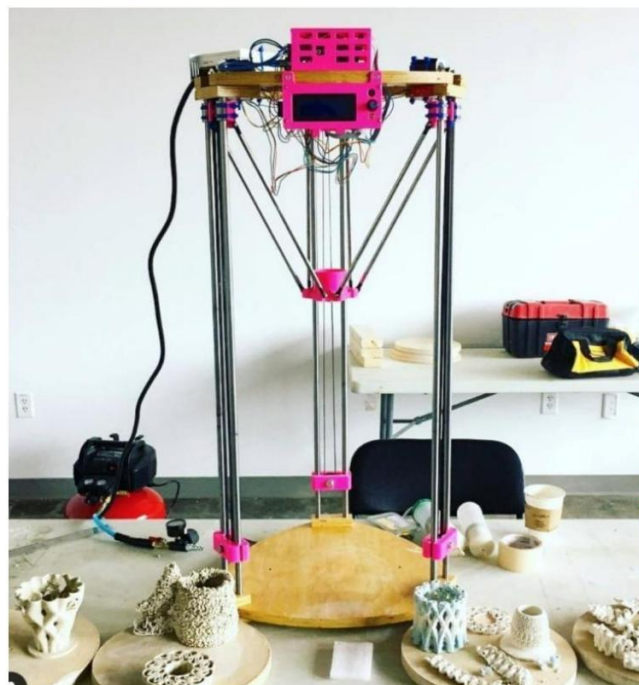


Figura 39 Impressora 3D de Bryan Czibesz Fonte: Thingiverse.com

Para este trabalho de projeto, o modelo de impressora escolhido foi a de Bryan Czibesz. Em primeiro lugar por tirar partido da manufatura aditiva para a sua própria construção, facto que se torna algo mais acessível para quem já possuir uma impressora 3D de FDM. Acresce ainda, que permite também com facilidade personalizar ou substituir as peças que, entretanto, se danifiquem ou surja algum entrave durante a construção da nova impressora. Esta opção permite ainda tornar o projeto menos dependente da fabricação de componentes por maquinaria CNC. À *priori* um dos principais desafios que se colocou nesta construção esteve na seleção e controlo da componente eletrónica, já que é uma área na qual nenhum dos intervenientes neste projeto tinha formação de base. Outra limitação estará em torno da extrusão, já que houve sempre um sério constrangimento imposto pela pandemia Covid-19, não estando definido o local onde a impressora iria trabalhar, o que obrigou logo desde o início que a futura impressora fosse de fácil transporte. Se não fosse tido em conta este constrangimento seria necessário um compressor de ar, o que incentivou opção de escolha por uma extrusora mecânica. No entanto, a extrusora mecânica presente no projeto desta impressora, apesar de eficaz, possui componentes muito específicos e de valor elevado, o que motivou a procura de soluções alternativas e mais acessíveis durante a sua construção.

3.4 Processo de montagem e modificações introduzidas

A primeira etapa na construção do primeiro protótipo foi imprimir em 3D as diferentes partes da impressora. O material utilizado foi o PLA (*Polylactic Acid*), um filamento de polímero muito utilizado na impressão 3D por FDM, uma vez que as impressões são de baixo custo e por isso ideais para o fabrico dos primeiros componentes e posterior validação, num teste de aplicação numa versão preliminar do protótipo (ver exemplos de *renders* de algumas peças na figura 40).

O software utilizado para “fatiar” estes objetos foi o Cura, um software que divide os objetos em várias camadas e que dá as ordens de execução à impressora. A impressora utilizada foi uma Tevo Tarantula Pro e as temperaturas utilizadas para extrusão do PLA foram as seguintes: 210°C na cabeça da extrusora e 50°C na mesa de impressão.

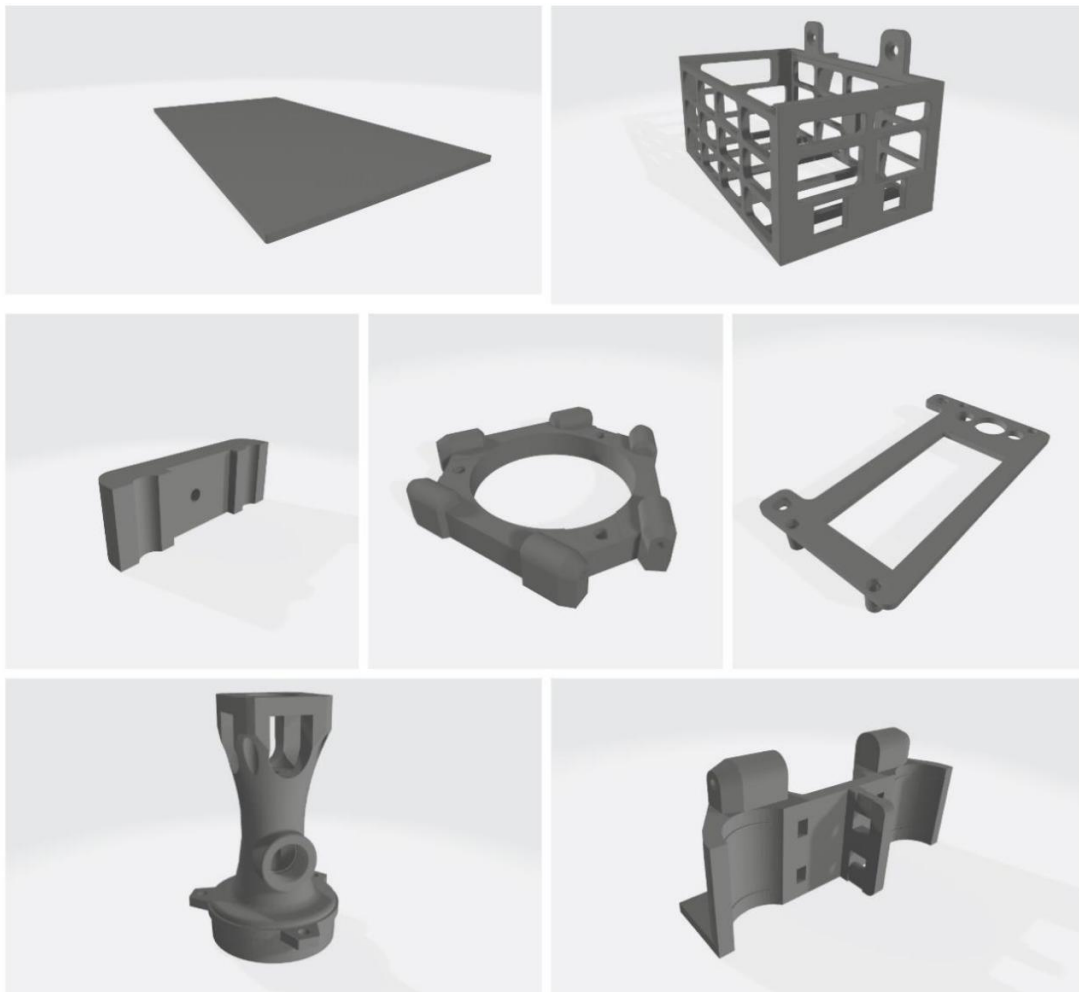


Figura 40 Renders da tampa do suporte do modulo eletrónico / suporte do modulo eletrónico / Suporte da polia / Suporte da cabeça de extrusão / Suporte do painel LCD / Cabeça de extrusão / Corredor de rolamentos
Fonte: Rafael Rocha

O passo seguinte foi projetar e fabricar a estrutura da impressora. Identificou-se a necessidade dos seguintes componentes: seis tubos de inox de 12 mm, sete peças cortadas em fresa CNC, uma base, três suportes para os motores para movimentação dos eixos e três peças que iram unir as três colunas formadas pelos tubos de inox. Foi possível fabricar estas peças através da utilização de uma Impressora 3D de um antigo colega da licenciatura de Design do Produto, do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, que atualmente trabalha com esta tecnologia e, por isso mesmo, sem qualquer custo associado. Contudo o material utilizado para o fabrico da base e outros componentes estruturais, em vez de madeira foi o MDF (figura 41), enquanto que o ficheiro necessário para a produção destas peças foi disponibilizado pelo autor da impressora.

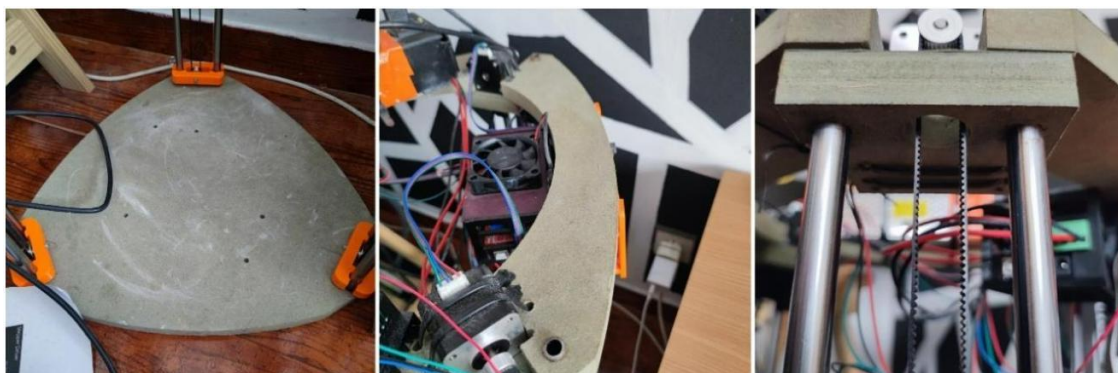


Figura 41 Base em MDF / União das colunas em MDF / Suporte dos motores em MDF Fonte: Rafael Rocha

Depois de toda a estrutura montada, passou-se para a etapa de aquisição dos componentes eletrónicos e mecânicos, específicos para a construção da impressora 3D. Como forma de reduzir bastante os custos com estes componentes optou-se por encomendá-los diretamente da China, o que acabou por ser uma solução penalizadora pelo aumento do tempo de entrega, agravada ainda pelas restrições colocadas pela pandemia. A título de exemplo, é de referir que o tempo de espera de alguns dos componentes chegou a ultrapassar os seis meses. A tabela 1, que de seguida se apresenta, indica todos os componentes eletrónicos e não eletrónicos utilizados, assim como as respetivas funções.

Figura	Nome	Função	Qtd.
	Kit para Impressão 3D com Ramps 1.4, Arduino Mega 2560, Drivers A4988 (x5) e LCD 20x4 com Controlador	Componente central de toda a programação, responsável por todos os movimentos da impressora e que inclui um ecrã que permite o controlo da mesma.	1
	Fonte de alimentação 360w 12v	Responsável por fornecer a energia necessária a todos os componentes eletrónicos.	1
	Motores de passo Nema 17	Motores com a função de movimentar as diferentes partes da impressora.	4
	Interruptor da fonte de alimentação	Interruptor com adaptador para a ficha e botão para ligar/desligar.	1
	Interruptor de limite	Interruptores com a função de assinalar a altura máxima da impressão quando acionados.	3
	Rolamento linear LM12UU	Rolamento que quando combinado com o corredor de rolamentos, permite deslizar através de dois tubos de cada coluna.	6
	Correia dentada	Em junção com o motor, a engrenagem, o rolamento e o corredor de rolamentos é o que permite os braços movimentarem-se.	6 m
	Rolamento	Permite manter a correia esticada sem dificultar o seu movimento, fica junto com o suporte da poli.	3
	Engrenagem	Junto com um dos motores é o que faz mover a correia.	3
	Braços em carbono	Elo de ligação entre o corredor de rolamentos e o suporte da cabeça de extrusão, responsável por apoiar a cabeça de extrusão.	6
	Acoplador flexível	Responsável por unir um motor e um parafuso na cabeça de extrusão.	1
	Pontas de extrusão de configuração cônica	Pontas para incorporar na cabeça de extrusão por onde sai a pasta cerâmica para a base da impressora	30
	Tubo de silicone	Elo de ligação entre o tubo alimentador de pasta cerâmica, responsável pela alimentação da pasta, e a cabeça da extrusora.	1m

Tabela 1 Tabela de componentes da impressora 3D LDM Fonte: Rafael Rocha

Esta construção ainda teve o uso de parafusos e abraçadeira de plástico.

Após ter todos os elementos disponíveis passou-se à sua montagem, ligações elétricas e programação da impressora. Por ser muito semelhante a uma impressora 3D delta por FDM, seguiu-se o esquema de ligações utilizado nessas impressoras, com exceção da ligação á extrusora, porque na altura esta ainda não tinha sido completamente desenvolvida. Durante este processo, por erro próprio, houve um engano durante as ligações dos fios o que causou um curto-circuito danificando a fonte de alimentação e em parte o próprio kit de impressão (figura42), o que obrigou a uma nova compra e a uma nova instalação, mas cujo resultado acabou por ser bem-sucedido.

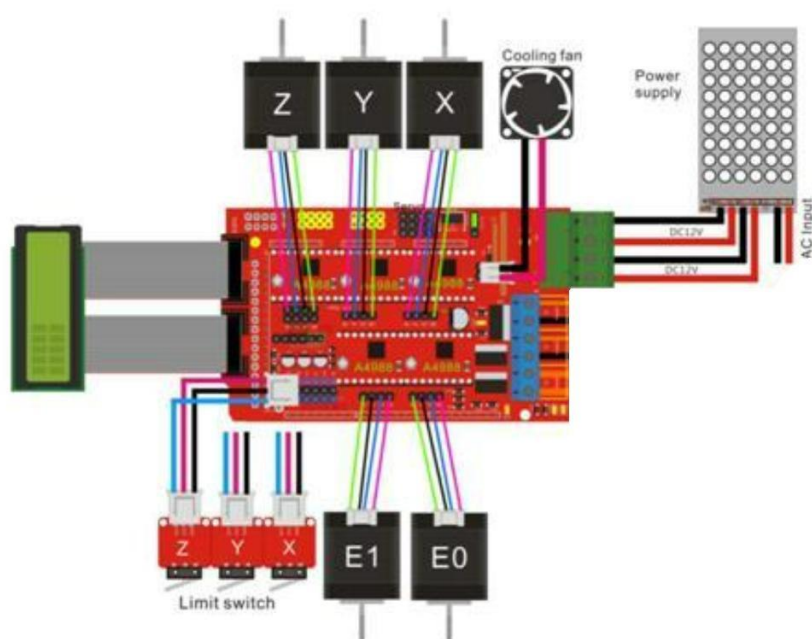


Figura 42 Esquema do kit de impressão Fonte: *ptrobotics.com*

Relativamente à programação esta já se encontrava antecipadamente desenvolvida pelo autor do projeto, tendo sido unicamente necessário alterar as dimensões do volume de impressão, relativamente às que a impressora possuía de origem. Depois da programação enviada para o “cérebro” da impressora, verificou-se que todos os movimentos da impressora estavam a funcionar corretamente.

Foi durante esse período experimental, durante o qual decorreram vários ensaios, que se pôde constatar que a placa do *kit* de impressão tinha uma forte tendência para aquecer em demasia durante algum tempo de atuação simultânea dos motores. Como a primeira fonte de alimentação tinha ainda uma ventoinha funcional, decidiu-se incorporar essa ventoinha na tampa do suporte do módulo

eletrônico, sendo apenas necessário a criação de algum espaço para a sua aplicação e passar a ventilar adequadamente a zona da placa (figura 43).

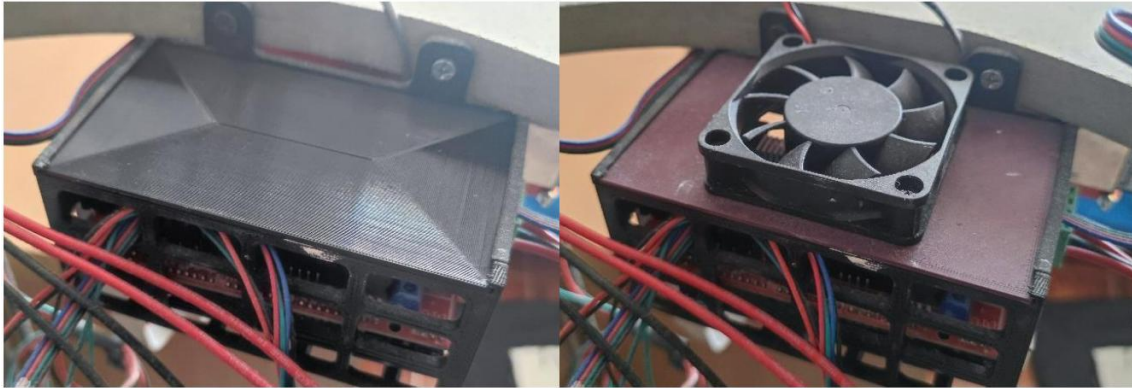


Figura 43 Tampa do suporte do modulo eletrônico antes e depois Fonte: Rafael Rocha

O passo seguinte foi o necessário desenvolvimento de um sistema de alimentação mecânico, onde se procurou também ter uma solução com custo reduzido. Na procura dessas alternativas encontrou-se uma solução desenvolvida pelo engenheiro Adam Kemp, que consiste num tubo de PVC, com partes impressas em 3D nos seus topos, e um motor de passo Nema 17 (utilizado anteriormente na estrutura da impressora), conforme se pode observar na figura 44.



Figura 44 Sistema de alimentação mecânico desenvolvida por Adam Kemp Fonte: thingiverse.com

O funcionamento desta extrusora é controlado através do motor de passo, que ao fazer rodar uma engrenagem, constituída por duas pequenas rodas dentadas, faz descer um pistão que empurra a pasta cerâmica, levando-a através de um tubo até a cabeça de extrusão.

Tal como com a estrutura da impressora, também neste caso o primeiro passo foi imprimir as diferentes partes desta parte da extrusora (ver os respetivos *renders* na figura 45).

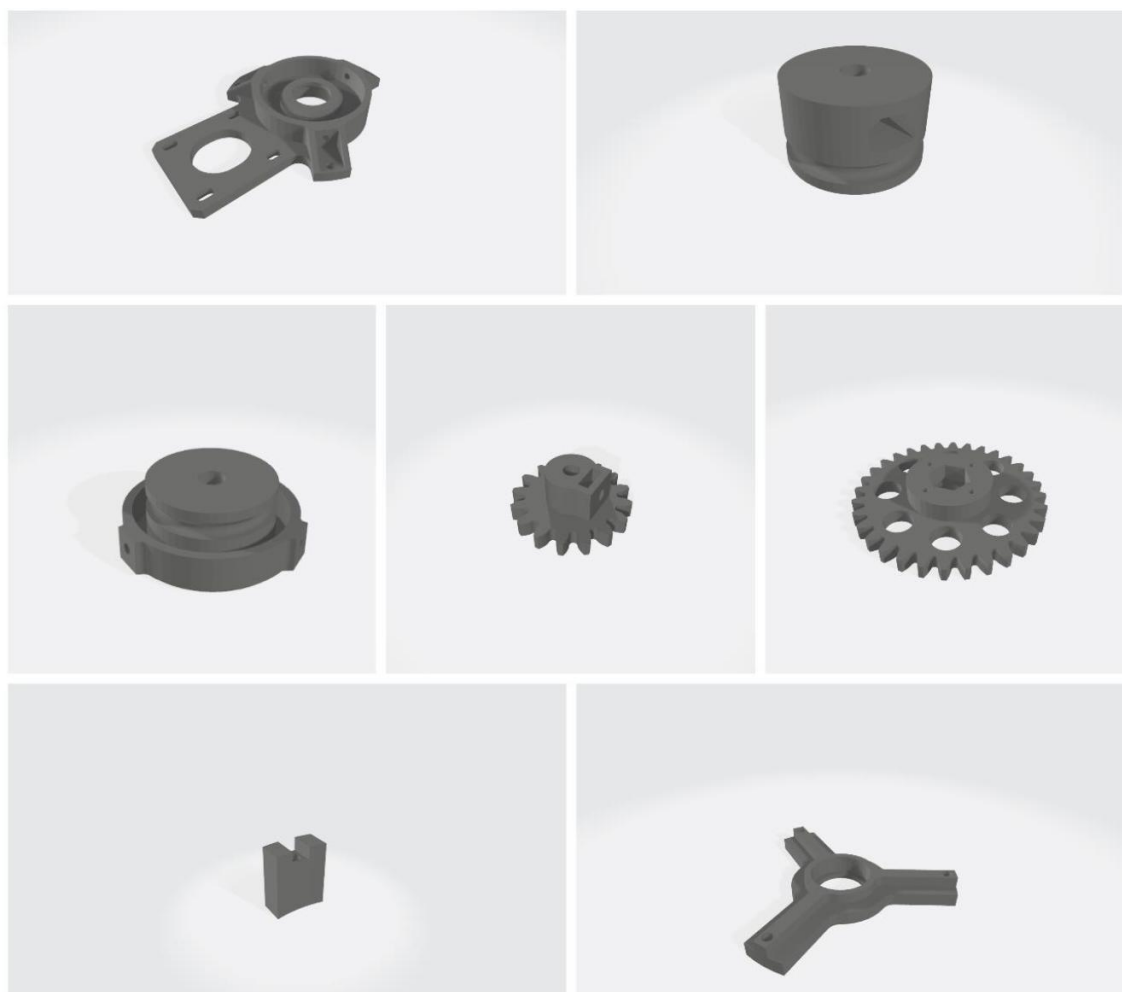


Figura 45 Renders do suporte do motor / pistão / Base do sistema de alimentação / Engrenagem do motor / Engrenagem do pistão / Standoff do topo do suporte do motor / Topo do suporte do motor. Fonte: Rafael Rocha

Foi também necessário adquirir mais alguns componentes para a execução deste projeto, que se encontram listados na tabela 2.

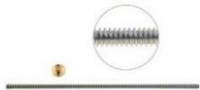
Figura	Nome	Função	Qtd.
	Tubo de PVC de Ø 40 mm	Une o suporte do motor e tubo de alimentação, que suporta no seu <u>interior a pasta cerâmica.</u>	50cm
	Varão roscado	Por ação do motor é o que empurra o pistão.	1
	Motor de passo Nema 17	Fazer rodar as engrenagens para a alimentação/avanço da pasta cerâmica.	1

Tabela 2 Tabela de componentes para o sistema de alimentação mecânico. Fonte: Rafael Rocha

Numa segunda versão, foi utilizado também outro tipo de filamento para a produção do pistão, sendo que o formato deste componente muito semelhante ao de

uma seringa (figura 46), que utiliza um embolo em borracha para impedir eventuais fugas de líquido. Para esta extrusora, figura 47, optou-se por produzir o pistão com filamento de TPU (*Termoplastic Polyurethane*) um material mais flexível e muito utilizado, por exemplo, no fabrico de capas de telemóveis.

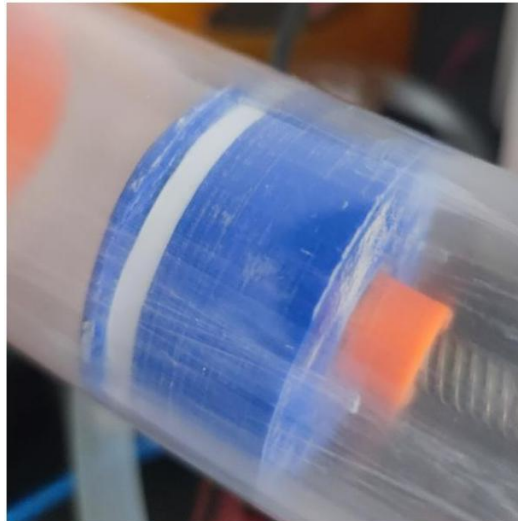


Figura 46 Pistão produzido em TPU. Fonte: Rafael Rocha

Com todos os elementos concluídos passou-se para um primeiro teste com o primeiro protótipo da impressora de cerâmica, figura 47. Neste primeiro teste realizado nos laboratórios de tecnologia cerâmica da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do IPVC, não foi possível executar uma impressão completa e de qualidade, devido à plasticidade demasiado elevada da pasta cerâmica, que consequentemente, exigia demasiada força por parte do motor colocado no topo do sistema de alimentação.

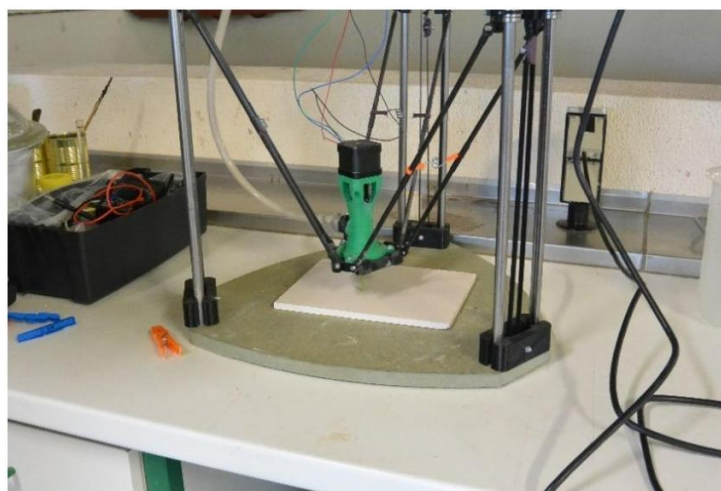


Figura 47 Primeiro teste de impressão. fonte: João Martins

Mais tarde, numa nova experiência, utilizou-se uma pasta cerâmica com menor plasticidade (mais “líquida”), já sendo possível iniciar uma impressão.

Contudo, também neste caso não foi possível concretizar o fabrico de uma peça com sucesso, uma vez que, devido à plasticidade demasiado baixa da pasta, a forma da peça não se mantinha (a peça deformava-se por ação do seu próprio peso), figura 48.



Figura 48 Segundo teste de impressão. Fonte: Rafael Rocha

Após a realização destas duas experiências foi possível retirar algumas conclusões, no sentido de melhorar o funcionamento deste primeiro protótipo de impressora, entre as quais:

- A cabeça de extrusão apresentou alguns problemas devido à falta de adesão entre camadas, causando quebras por pressão do adaptador da mangueira/cabeça de extrusão e por reter por “segregação” de alguma água da pasta cerâmica, tornando-a mais dura e não permitindo uma extrusão uniforme e continua;
- No sistema de alimentação, o tubo de PVC, devido à sua pouca espessura, está muito sujeito a empenos e devido à sua opacidade, não permite visualizar o fluxo e a quantidade de pasta cerâmica, tornando-se difícil de saber quando se deve encher o depósito e de perceber se a pasta está a fluir corretamente;
- O motor não tinha potência suficiente para exercer a força necessária para uma adequada extrusão da pasta cerâmica;
- O suporte da poli, devido à pressão exercida pelo parafuso que os une, acabou por partir, o que significa que é necessário procurar uma melhor alternativa ao material utilizado (o PLA).

Começou-se por resolver o problema da cabeça de extrusão, que inicialmente foi produzida em PLA, no entanto este material revelou alguma fragilidade quando sujeito à pressão exercida pela pasta que fluía pelo adaptador da mangueira/cabeça de extrusão, criando roturas entre as camadas de PLA impressas, figura 49. A primeira solução encontrada foi utilização de outro material que tivesse uma maior resistência, como por exemplo o ABS (a verde na figura 49). Contudo, apesar do problema das roturas estar resolvido surgiu outro problema, uma vez que o ABS não tem grande resistência à água, acabando por durante a sua utilização absorver alguma água da pasta, endurecendo-a e impedindo a sua adequada extrusão. A última solução encontrada foi com a utilização de outro material, o PETG (a laranja na figura 49). Este material revelou uma boa adesão entre camadas, resolvendo o problema das roturas e, por ser resistente à água, a pasta mantém a sua consistência e plasticidade inicial.



Figura 49 Cabeça de extrusora em PLA (preto) / cabeça da extrusora em ABS (verde) / cabeça da extrusora em PETG (laranja). Fonte: Rafael Rocha

No sistema de alimentação, o maior problema que se encontrou foi com o motor de passo, que não exercia a força necessária para fazer descer o pistão. A solução encontrada para este problema foi a mudança de motor, substituindo assim o motor de passo Nema 17 por um Nema 23, comumente utilizado em CNC's que requerem motores com mais força. Relativamente ao tubo de PVC, a alternativa

encontrada para apresentar uma maior resistência a empenos e que em simultâneo fosse transparente, foi a utilização de um tubo em acrílico transparente.

Com estas duas atualizações percebeu-se que era também necessário imprimir todas as restantes peças em PETG, uma vez que se garantia um desempenho mais adequado aos esforços que se exercem durante a impressão e uma melhor resistência à humidade da pasta, ver figura 50. No projeto inicial da cabeça de extrusão foi adicionado um motor acoplado a um parafuso helicoidal, cuja função é desfazer eventuais bolhas de ar na pasta cerâmica e ajudar a fluir a pasta até ao cone de extrusão (figura 51).

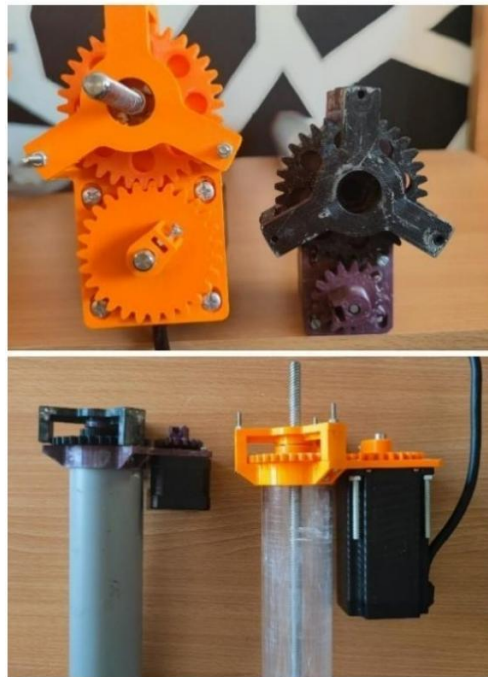


Figura 50 Versão antiga da extrusora (preto/roxo) / nova versão da extrusora (laranja). Fonte: Rafael Rocha



Figura 51 Novo motor Nema 23 da cabeça de extrusão com parafuso helicoidal acoplado. Fonte: Rafael Rocha

Uma das últimas atualizações foi nos suportes das polias, que se degradaram rapidamente (partiram na zona onde um parafuso exerce pressão). Nesse sentido, fez-se também a reimpressão destas peças em PETG (figura 52).

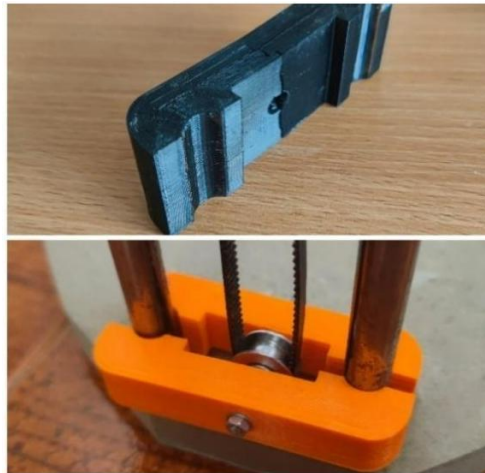


Figura 52 Versão antiga do suporte da poli (preto) / nova versão do suporte da poli (laranja). Fonte: Rafael Rocha

Numa última parte do desenvolvimento da impressora, optou-se também por criar algumas soluções que visassem aumentar a qualidade das impressões e organizar melhor o espaço de trabalho da própria impressora.

Uma das soluções desenvolvidas foi um suporte para o tubo do sistema de alimentação, utilizando também peças impressas em PETG e optando pela sua fixação através de fita velcro, figura 53.

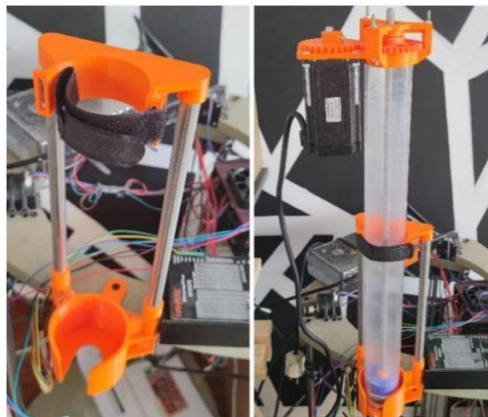


Figura 53 Suporte do sistema de alimentação sem e com o sistema montado Fonte: Rafael Rocha

Nalgumas situações verificou-se que os braços que movem a cabeça de extrusão apresentavam alguma instabilidade, em parte devido à sua falta de qualidade, pelo que se considerou ser necessário aplicar alguma pressão no centro de cada par de braços, de forma a resolver esta instabilidade. Para esse efeito desenvolveram-se um conjunto de três tensores compostos por duas peças impressa unidas por uma mola (mola de roupa, figura 54).

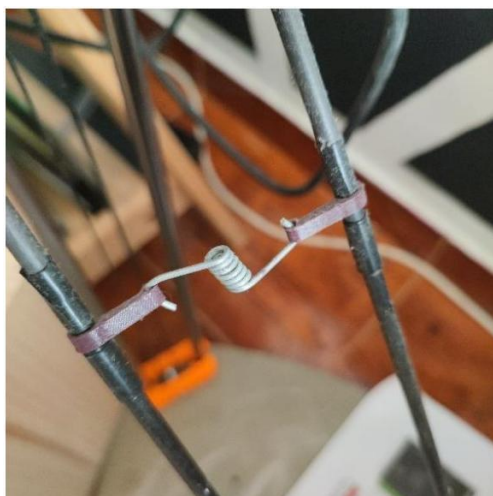


Figura 54 Tensor dos braços Fonte: Rafael Rocha

As correias usadas, por serem de borracha, após algum uso começaram a apresentar algumas folgas, que causaram algumas falhas durante as movimentações dos braços. A solução encontrada foi também a incorporação de uns tensores de correias, impressos em 3D, com a adição de um parafus (figura 55).

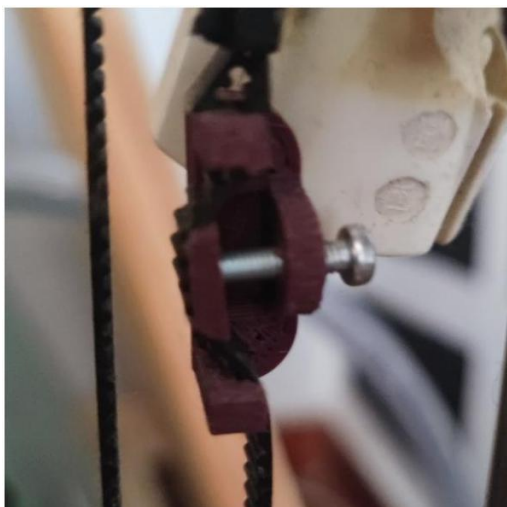


Figura 55 Tensor da correia. Fonte: Rafael Rocha

As pontas cónicas adquiridas para a cabeça de extrusão possuem diâmetros de furo que variam entre os 0,26 e 1,55 milímetros, sendo que as pontas de 1,55 mm são as únicas que funcionam adequadamente na extrusão de pastas cerâmicas (foram adquiridas seis pontas de extrusão com diferentes diâmetros de furo para esta impressora como apresentado na figura 56).



Figura 56 Pontas para a cabeça de extrusão. Fonte: Rafael Rocha

Esta situação abriu a oportunidade de trabalhar com outro tipo de tecnologia de manufatura aditiva, neste caso uma impressora 3D por SLA (Anycubic Mono), de posse própria, uma vez que estes tipos de pontas, com detalhes tão minuciosos, não são possíveis de imprimir com uma impressora FDM. Procedeu-se então à impressão de catorze pontas (sete delas de 2 mm e os outros sete de 4 mm) e de três adaptadores para a cabeça de extrusão/ponta. Depois de impressas, as pontas de extrusão tiveram que passar por uma estação de lavagem e cura (Anicubic Wash & Cure 2.0). A lavagem em álcool isopropílico permitiu retirar o excesso de resina não curada e a cura com luz UV permitiu aumentar a resistência das peças impressas (figura 57). No caso dos adaptadores para a cabeça de extrusão/ponta não foram possíveis de usar, por apresentarem demasiada fragilidade, acabando por partir com muita facilidade.



Figura 57 Processo de produção das pontas, impressão/lavagem/cura e resultado final. Fonte: Rafael Rocha

Ficou assim concluído o processo de montagem e de modificações da impressora projetada para materializar este projeto de investigação (vista geral na figura 58). O resultado das primeiras impressões será posteriormente exposto no capítulo “7.2 Primeiras Impressões”.



Figura 58 Versão final da impressora de cerâmica, projetada para este trabalho de tese. Fonte: Rafael Rocha

3.5 Introdução à Indústria 4.0

A tecnologia desempenha um importante papel em várias áreas da nossa vida, pois permite ao ser humano aceder a informações cada vez mais rápido, mudando assim a forma como consome e vincula os dados. Os ambientes de negócios estão cada vez mais envolvidos nesta tecnologia em evolução e o setor industrial encontra-se gradualmente a incorporar mais usos para automação e conectividade.

O Termo “Indústria 4.0” ou Quarta Revolução Industrial trata-se da junção de tecnologias que encurtam as fronteiras entre os sistemas físicos, digitais e o ser humano. Este termo foi introduzido pela primeira vez em 2015 pelo engenheiro e economista alemão *Klaus Schwab* num artigo publicado pela *Foreign Affairs*.

“Estamos à beira de uma revolução tecnológica que alterará fundamentalmente a maneira como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos uns com os outros. Na sua escala, escopo e complexidade, a transformação será diferente de tudo que a humanidade já experimentou. Ainda não sabemos como isso vai se desenrolar, mas uma coisa é clara: a resposta a ela deve ser integrada e abrangente, envolvendo todas as partes interessadas da política global, desde os setores público e privado até à academia e a sociedade civil”.²⁰ (Schwab, 2015)

A indústria tem vindo a ser tomada por esta nova abordagem tecnológica que por sua vez tem causado um impacto tanto na economia como na forma como nos relacionamos com outras pessoas.

O conceito da Indústria 4.0 abrange a inovação de produtos e serviços e a criação de novos modelos de negócios. As principais motivações de negócios da transformação incluem melhorar a experiência do cliente, acelerar o tempo de entrada no mercado e reduzir custos.

Para se beneficiarem desta revolução, os líderes das empresas industriais listaram a Indústria 4.0 como a sua principal prioridade. No entanto, a implementação

2

²⁰ Tradução livre do autor: “We stand on the brink of a technological revolution that will fundamentally alter the way we live, work, and relate to one another. In its scale, scope, and complexity, the transformation will be unlike anything humankind has experienced before. We do not yet know just how it will unfold, but one thing is clear: the response to it must be integrated and comprehensive, involving all stakeholders of the global polity, from the public and private sectors to academia and civil society.” (Schwab, 2015)

no ambiente de produção da Indústria 4.0 será uma jornada incremental ao longo dos próximos anos, que inclui a modernização dos sistemas antigos. Que uma vez realizadas, as possibilidades de aplicação dos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0 são ilimitadas

3.5.1 Os pilares da indústria 4.0

Neste subcapítulo estarão expostos os principais tipos de tecnologias necessários para a implementação da indústria 4.0 na indústria convencional. Podendo-se distinguir por nove pilares.



Figura 59 Os 9 pilares tecnológicos Fonte: lwtsistemas.com.br

A Internet das coisas (IoT)

O termo Internet das Coisas, também conhecido através da utilização da sigla IoT (*Internet of Things*) é uma parte básica da Indústria 4.0, que tem amplas aplicações na observação dos sistemas e de monitorização dentro da manufatura e dos serviços. Esta inovação abre resultados concebíveis mais atuais e inventivos na manufatura, trabalhando com uma melhor execução. É um sistema de dispositivos de computação que se interrelacionam sem a necessidade da mão humana para a sua interação, por exemplo um objeto presente na IoT e cada vez mais no nosso quotidiano pode ser um *smartwatch* conectado com um *smartphone* permite coleta de dados sobre o estado de saúde do utilizador.

Cada vez mais há organizações de vários setores que estão a utilizar a IoT para a melhor prestação de um serviço aos seus clientes através de uma operação mais eficiente e para compreender melhor os seus clientes. No seu funcionamento, num ecossistema da IoT pertencem dispositivos inteligentes habilitados com capacidades de comunicação com a internet que coleta e envia dados e toma ações relativamente aos dados adquiridos. A capacidade significativa da IoT permite adquirir e transmitir dados para o auxílio de máquinas e dispositivos associados à rede interna. Relacionando através de números ou códigos de identificação únicos que podem ser controlados através de gadgets de uso quotidiano, como por exemplo smartphones.

Por fim, podemos reconhecer que a aplicação da IoT é crítica para adoção da Indústria 4.0, “a transformação digital de máquinas, veículos e outros objetos do mundo físico trará significativo impacto em toda a sociedade” Sacomano et al. (2018). No entanto, há um longo caminho para receber todos os seus benefícios.

Realidade aumentada (AR)

Embora a realidade aumentada seja de longe um dos pilares menos desenvolvidos na Indústria 4.0, ela oferece suporte a várias aplicações e serviços em diferentes áreas, como a medicina e a educação. Aplicando esta tecnologia na indústria ela poderá suprir necessidades como por exemplo o envio de instruções de montagem que podem ser enviadas por meio de *smartphones*, ou através da utilização de óculos de realidade aumentada para o desenvolvimento de peças de um protótipo ou a operação de algumas máquinas com o objetivo de melhorar os processos de trabalho.

No campo do design esta tecnologia já tem cada vez conquistado o seu lugar, tornando-se uma nova ferramenta no desenvolvimento de conceitos e da análise dos mesmo num ambiente digital.

Apesar deste tipo de tecnologia ser a menos utilizada na indústria é ao mesmo tempo a que vindo mais adeptos no nosso quotidiano “esta é uma tecnologia que se aplica a vários setores, não só na indústria, mas também no setor da educação/formação sendo assim uma mais valia para quem a utilizar, pois consegue fazer com que o mundo virtual se alie ao mundo real ao mesmo tempo” Cruz (2019) na medida em que o mundo do entretenimento começa a evoluir com a intenção de

proporcionar uma total imersão sensorial através da utilização de tecnologias de AR (*Augmented Reality*).

Manufatura aditiva

A manufatura aditiva ou como é mais comumente conhecida, a impressão 3D é possivelmente o tipo de tecnologia que vem registrando mais adeptos, tanto nas áreas industriais como por um largo número de pessoas a título independente tanto como *hobbie* ou como um auxiliar para profissionais. Este crescente número de adeptos deve-se à fácil acessibilidade a esta tecnologia devido ao aumento das opções de compra para as impressoras o que por sua vez leva a uma grande diversificação de preços sendo muitos deles acessíveis, ao mesmo tempo cresce uma comunidade de partilha de projetos e experiências que permite aos mais inexperientes poderem realizar as suas impressões sem que seja necessário estarem munidos com experiência em softwares de modelação 3d ou de um vasto conhecimento sobre a área de engenharia eletrónica.

Este tipo de tecnologia permite materializar conceitos permitindo uma prototipagem mais rápida e à possibilidade de customização de acordo com as necessidades impostas pelos objetos impressos, nela “está a promessa de novos produtos e serviços. Mas como disruptiva que é, trata-se de uma tecnologia cujos benefícios ainda não são suficientemente claros para superar dúvidas” Vilarinho et al. (2020).

Simulação avançada

A simulação representa um papel de suporte nos processos de produção, produtos e materiais. Estas simulações permitirão à indústria utilizar os dados em tempo real para representar um mundo físico num espaço virtual, nos quais podem estar incluídos pessoas, produtos e máquinas. “A simulação desempenha um papel significativo na redução da produção falhas no ciclo de vida, aumentando a qualidade dos produtos e melhorar o processo de tomada de decisão”²¹ Junqueiro (2019). Estas simulações poderão ser utilizadas para a execução de testes mais eficientes para que as configurações geradas sejam mais fiéis à realidade, gerando assim uma maior economia de tempo e uma menor margem de erro.

Cloud

A computação em *cloud* “é um novo modelo de manufatura que é orientado a serviços, com base no conhecimento, alto desempenho, e energia eficiente. É um serviço orientado, centrado em dados, e modelos de negócios orientado pela demanda para compartilhar capacidades e recursos de manufatura em uma nuvem plataforma”²² Sadiku et al. (2020), o processo de aceder a softwares diretamente da internet em vez de fontes físicas locais como discos rígidos. Os computadores revolucionaram todos os aspetos do mundo dos negócios, todos os negócios estão dependentes de tecnologias computacionais, não unicamente para funcionarem com eficiência mas também para gerirem todas as operações, contudo esta dependência pela tecnologia vem com um custo, a manufatura dependente de tecnologia torna-se limitada, exemplos como o colapso dos servidores, o risco das suas bases de dados serem hackeadas e a rapidez com que os hardwares se tornam obsoletos, conforme a nossa necessidade nos computadores aumenta também os custos impostos para manter estas infraestruturas.

A *cloud* diretamente soluciona os problemas impostos pelo hardware, não só libertando os negócios da tarefa de instalação e manutenção, fornece também segurança para as suas bases de dados e a possibilidade de aumentar a sua capacidade de armazenamento de acordo com as suas necessidades e permite ser acedida em qualquer lado por uma grande variedade de dispositivos eletrónicos.

Robótica

Os robôs são máquinas desenhadas para desempenhar processos específicos com uma intervenção humana mínima e um alto grau de precisão. Estas máquinas foram inventadas para economizar trabalho e torná-lo mais eficiente, a desvantagem desta tecnologia é que necessita de operação humanas, havendo assim o risco de falhas. Os robôs têm uma ampla gama de benefícios que incluem maior produtividade e rendimento, maior eficiência, maior velocidade, maior segurança e eficácia de custo. A automação programável significa que a operação

2

² Tradução livre do autor: “is a new manufacturing model that is service oriented, knowledge based, high performance, and energy efficient. It is a service-oriented, data-centric, and demand-driven business model to share manufacturing capabilities and resources on a cloud platform” Sadiku et al. (2020) em <https://www.researchgate.net/publication/348609246> The Essence of Cloud Manufacturing

de um robô pode ser alterada sem que tempo e dinheiro sejam gastos, “sem a necessidade de isolar a sua área de trabalho, a sua integração em espaços de trabalho humanos torna-se mais econômica e produtiva, e abre muitas aplicações possíveis nas indústrias”²³ Bahrin et al. (2016). Os robôs também oferecem melhor distribuição de mão de obra, libertando os trabalhadores para tarefas de nível superior que os robôs não podem realizar.

4 Estado da arte

4.1 Produtos cerâmicos impressos

O espaço ocupado pela manufatura aditiva já vai muito além da utilização dos termoplásticos. Com a introdução da cerâmica, passou a ser possível criar novas formas de trabalhar este material dando liberdade aos projetistas de explorar novas geometrias que não seriam possíveis através dos métodos tradicionais. Assim, esta tecnologia traz uma nova abordagem ao material e um potencial de descoberta elevado. Um dos principais motivos para este projeto ter enveredado por este caminho mais desconhecido foi a hipótese de explorar.

O interesse pela impressão 3D de cerâmica aumentou exponencialmente com a descoberta de alguns projetos que já utilizaram esta nova vertente tecnológica. Um dos primeiros casos situa-se na Holanda onde Olivier van Herpt desenvolveu a sua própria impressora para extrusão de pasta cerâmica com o objetivo de imprimir objetos funcionais que contenham geometrias complexas. A impressora desenvolvida foi resultado do trabalho de dois anos. Um dos maiores desafios



Figura 60 Peças impressas por Olivier van Herpt na sua impressora. Fonte: Designboom.com

2

³Tradução livre do autor: “Without the need to isolate its working area, its integration into human workspaces becomes more economical and productive, and opens up many possible applications in industries” Bahrin et al. (2016) acedido em <https://doi.org/10.1113/jt.v78.9285>

encontrados foi no próprio material, que no início, devido à falta de força exercida pela extrusora não era possível imprimir peças de maiores dimensões com argila mais dura limitando a peças mais pequenas. Utilizando pastas cerâmicas num estado mais mole, esta dificuldade veio a ser ultrapassada no momento em que foi desenvolvida uma extrusora com maior força (Treggiden, 2014).

Também por utilização do mesmo método de produção outros autores desenvolvem projetos em torno do design cerâmico. Fred Gwatkin é um artista cerâmico especializado no trabalho em roda de oleiro e em impressão 3D de objetos em cerâmica (figura 61). Segundo Gwatkin (s.d.) as peças que cria são inspiradas nas formas geométricas e padrões matemáticos que se podem encontrar na natureza e que são “transformados em formas belas e funcionais.”



Figura 61 Peças produzidas por Fred Gwatkin (da esquerda para a direita) “Red and Black Ooze”, “Graded Cellular Form”, “Simulated Shadow Form” e “Bright Turquoise Evolving Form”. Fonte: Fredgwatkin.com

Jonathan Keep é outro caso em que o artista concebeu a sua própria tecnologia para a criação das suas peças, desenvolvendo também ele a sua própria impressora. O autor, retira a sua inspiração de elementos da natureza para a criação



Figura 62 Peças produzidas por Jonathan Keep (da esquerda para a direita) “ICEBERG SERIES”, “ANT SERIES”. Fonte: Keep-art.co.uk

das peças (figura 62). As jarras em porcelana da linha *Iceberg Series* revelam uma

aleatoriedade no seu formato semelhante ao que podemos encontrar nas camadas glaciares dos icebergs, e as peças da linha *Ant Series* assume a forma das colónias de formigas. As peças criadas por estes dois autores que trabalham com a impressão 3D cerâmica têm, uma função decorativa.

A JetClay é uma plataforma livre cujo intuito é a exploração das possibilidades da cerâmica e da impressão 3D que disponibiliza peças funcionais (figura 63). Inspirados por um método de irrigação originado em Africa à mais de 4.000 anos que utiliza a porosidade do barro para a irrigação gradual do solo, a adaptação deste método ancestral numa nova vertente trazida pela impressão 3D, permite uma irrigação dez vezes mais eficiente do que a de superfície. Como toda a água é



Figura 63 Desenho do vaso “OLLA” em funcionamento e vaso “OLLA” impresso.
Fonte: Jetclay.com

utilizada sem desperdício, permite uma economia de 70% (JetClay, s.d.)

Em Portugal esta nova forma de trabalhar a cerâmica ainda não é muito popular, mas já começam a aparecer alguns projetos como os do Drama Lisboa, um atelier de cerâmica situado na Fábrica Moderna, um espaço de *coworking* criativo. Segundo Gonçalves (2019) na criação da coleção “*Hellenic Summer*” a inspiração foi retirada dos perfis e silhuetas clássicas da Grécia Antiga (figura 64).



Figura 64 Coleção Hellenic Summer. Fonte: Observador.pt

No ramo da arquitetura e da construção também já é possível encontrar soluções que tem por base esta tecnologia. Situado em Guimarães e a trabalhar com a Universidade do Minho, o IDEGUI - Instituto de Design de Guimarães- *Advanced Ceramics Laboratory* procura integrar as técnicas de manufatura aditiva na produção de peças desenvolvidas para a arquitetura. “Wave Wall” (figura 65) é um sistema de componentes cerâmicos para o revestimento de fachadas cujo desenvolvimento também permitiu compreender qual a curvatura máxima vertical que podia assumir sem que a peça colapsasse.



Figura 65 Wave Wall: Aclab-idegui.org

Um último caso referente à impressão de peças em cerâmica verifica-se na joalheria com a coleção Porífera do estúdio de design Nervous System (figura 66). Realça-se a relação entre este material e a estereolitografia (SLA) que permite a criação de peças de adorno pessoal com detalhes minuciosos e dimensões muito reduzidas. Esta coleção é inspirada no animal marinho com o mesmo nome e na sua produção foi utilizado um compósito de material cerâmico e resina sensível a raios UV sendo um caso pertinente já que “ele conecta os mundos da ciência da computação, matemática, biologia e arquitetura, e os seus artefactos são feitos usando tecnologias e técnicas emergentes.”²⁴ (Yusuf, 2018)



Figura 66 - Peças da coleção Porífera em utilização. Fonte: design-milk.com

4.1.1 O caso de Olivier van Herpt e os seus projetos

O estúdio de Olivier van Herpt iniciou a sua atividade no ano de 2017 pelo designer gráfico, Olivier van Herpt (figura 67). Nascido em 1989, formou-se em Artes Gráficas na escola *Sint Lucas* em Boxtel nos Países Baixos, e na *Design Academy* em *Eindhoven*.

“Van Herpt começou a desenvolver suas próprias impressoras 3D em 2014, depois de ficar frustrado com as limitações das impressoras desktop existentes. Após passar dois anos experimentando e pesquisando, o designer criou uma extrusora

2

⁴ Tradução livre do autor: “it bridges the worlds of computer science, maths, biology, and architecture, their artifacts made using emerging technologies and techniques.” Yusuf (2018)

capaz de processar argila dura”²⁵ (Tucker, 2017), vindo assim preencher a lacuna entre tecnologia e artesanato com sua impressora 3D. A máquina imprime a argila camada por camada e é muito sensível às vibrações. Com isso, o designer tem influência direta no processo de produção, criando assim uma interação entre homem e máquina.



Figura 67 - Olivier van Herpt no seu estúdio. Fonte: Dutchdesigndaily.com

2

⁵ Tradução livre do autor: “Van Herpt first started developing his own 3D printers in 2014 after becoming frustrated with the limitations of existing desktop printers. Having spent two years experimenting and researching, the designer created an extruder that could process hard clay” Tucker (2017) Acedido a 28/11/2021, em <https://www.dezeen.com/2017/05/06/cos-x-olivier-van-herpt-3d-printed-clay-vases-homeware-design/>

1) O projeto “*Arcanum*”

O projeto “*Arcanum*” (2017) partiu do convite do Museu Municipal de Haia nos países Baixos numa tentativa de reinterpretação da “*delftware*” holandesa (um estilo de cerâmica tradicional que utiliza a faiança e o vidrado branco e azul) tornando-se este projeto o primeiro desenvolvido em grande escala pelo designer. As peças em porcelana criadas pela impressão 3D são catorze e encontram-se empilhadas sobre uma base de “*delfware*” datada do século XVII (figura 68). O nome “*Arcanum*” dado a esta peça “refere-se ao processo secreto de fabricação da tão procurada porcelana chinesa que os fabricantes da Europa do século XVII estavam tentando freneticamente descobrir”²⁶ (Evert-Jan, 2018) sendo a própria “*delftware*” holandesa uma simulação da porcelana chinesa (figura 69).



Figura 68 - Projeto “*Arcanum*”. Fonte: oliviervanherpt.com

2

⁶ Tradução livre do autor: “verwijst naar het geheime fabricageprocedé van het gewilde Chinese porselein, dat fabrikanten in het zeventiende-eeuwse Europa koortsachtig probeerden te achterhalen” Evert-Jan (2018) Acedido a 29/11/2021, em <https://www.digitalekunstkrant.nl/geprint-porselein-primeur-gemeentemuseum-haag/>



Figura 69 - “Delftware”. Fonte: Netherlandsinsiders.com

2) O projeto “**Panoramics**”

“Panoramics” (2020) é um projeto encomendado pela “Ymere” uma associação que procura requalificar casas e torná-las em habitações sociais (figura 70). Com este projeto procuraram agregar valor ao restauro realizado com a adição de um novo elemento que contivesse grande utilidade e beleza. As coberturas destas caixas de correio pretendem criar uma ligação entre o interior e o exterior dos edifícios, e ainda permitiu criar uma proteção contra a chuva com a criação de uma barra de gotejamento.



Figura 70 Projeto “Panoramics”. Fonte: oliviervanherpt.com

3) O projeto “*Adaptive Manufacturing*”

Resultante da parceria entre Olivier van Herpt e Sander Wassink, o projeto “*Adaptive Manufacturing*” (2014) toma como princípio compreender como a tecnologia veio substituir o artesão (figura 71). Acreditando que no momento em que todo o trabalho de produção recaía exclusivamente numa máquina o resultado perderia a sua identidade local. De forma a criar peças que traduzissem acontecimentos exteriores “a dupla cria *scripts* que destilam formas e texturas de fontes naturais externas, como a casca de uma árvore”²⁷ (Senda, 2015). Alterações nos comandos originais seguidos pela máquina permitiu alcançar resultados mais irregulares e esteticamente mais aproximados com formas da natureza.



Figura 71 - Projeto “*Adaptive Manufacturing*”. Fonte: oliviervanherpt.com

4) O projeto “*Colorful White*”

No projeto “*Colorful White*” (2017) o designer Olivier procurou criar um produto onde se pudesse traduzir movimento mesmo que o mesmo tivesse uma forma estática e regular. Com a adição de uma variedade de pigmentos sobre a pasta cerâmica utilizada foi possível criar uma gradação de cores numa peça em porcelana

2

²⁷ Tradução livre do autor: “the duo create scripts that distil shapes and textures from external, natural sources such as the bark of a tree” Senda (2015) Acessado a 29/11/2021, em <https://www.designboom.com/design/olivier-van-herpt-3d-printed-ceramics-design-academy-eindhoven-eat-shit-milan-design-week-04-28-2015/>

branca com uma forma totalmente cilíndrica que transmite uma sensação de movimento (figura 72).

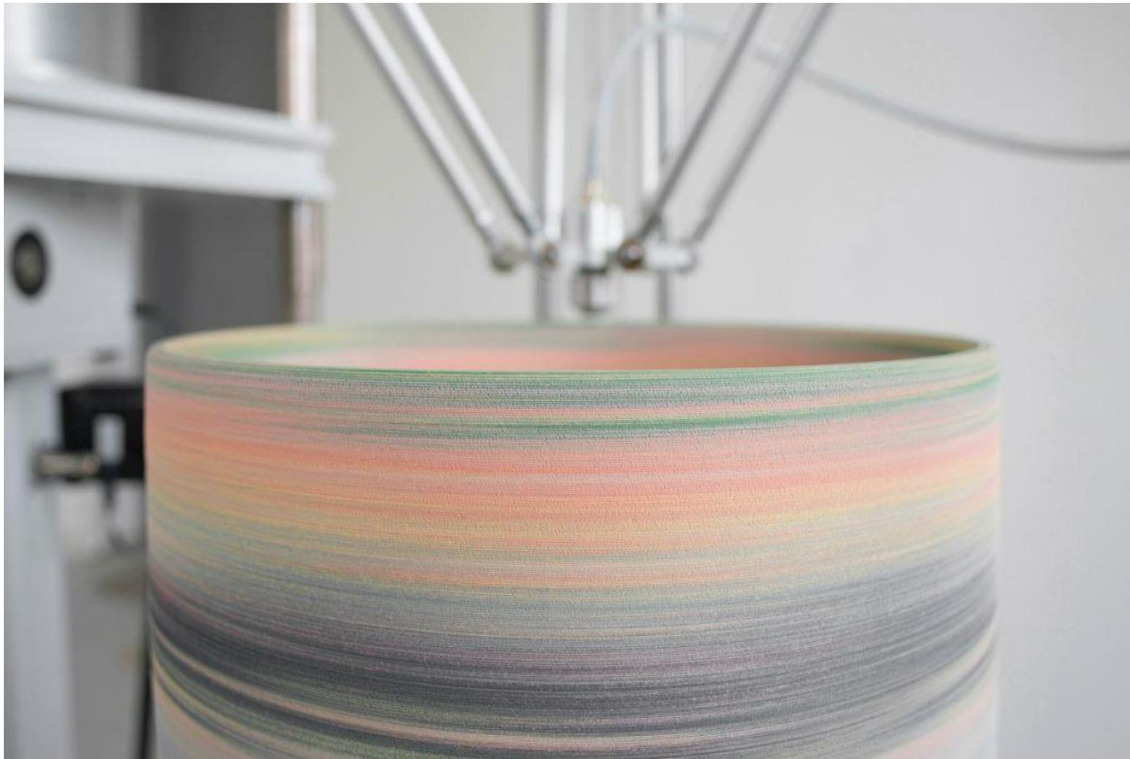


Figura 72 - Projeto “Colorful White”. Fonte: oliviervanherpt.com

5) O projeto “Blue and White Porcelain”

A delftware holandesa tem sido uma das maiores referências da cerâmica holandesa ao longo de mais de quatro séculos. Mesmo que a sua origem seja devido a uma tentativa de imitação da porcelana chinesa, trouxe um forte contributo na inovação da indústria cerâmica holandesa. Seguindo esta tradição, mas diferente do que aconteceu no projeto “*Arcanum*” em que teve de dividir a impressão em 14 peças empilháveis, Olivier procurou ultrapassar as limitações das dimensões impostas pela impressora desenvolvendo um novo equipamento capaz de produzir peças até 90cm de altura (figura 73). O padrão resultante na peça “Blue and White Porcelain” (2018) “significa a interação entre o ser humano e a máquina, pois o pigmento de cobalto é aplicado manualmente no corpo de argila antes de ser inserido na extrusora e depois reconstruído pela impressora 3D”²⁸ (Angelopoulou, 2018).

²⁸ Tradução livre do autor: “signifies the interaction between the human and the machine, as the cobalt pigment is applied by hand on the clay body before inserted into the extruder, and then reconstructed by the 3D printer” Angelopoulou (2018) Acedido a 29/11/2021, em <https://www.designboom.com/design/3d-printed-porcelain-vases-olivier-van-herpt-blue-white-vivid-galerie-06-15-2018/>



Figura 73- Projeto “Blue and White Porcelain”. Fonte: oliviervanherpt.com

6) O projeto “Solid Vibrations”

O projeto “Solid Vibrations” (2015) surge de uma colaboração entre Olivier van Herpt e o especialista em design de som Ricky van Broekhoven. O objetivo deste projeto foi combinar a pasta cerâmica com a vibração sonora e como esta pode provocar a efeitos formais num produto. “A ideia surgiu quando van Herpt percebeu uma falha na sua impressora 3D de cerâmica, em que a ressonância do motor levava à formação natural de padrões *moiré* nos objetos que ele criava”²⁹ (Ashaboglu, 2016). A produção destas peças inicia-se como uma impressão normal, no entanto, para que o som pudesse criar algum impacto sobre a peça foi instalado uma coluna sobre a base de impressão para que, enquanto a impressão se sucedia, o som emitido pela coluna fizesse com que a base vibrasse criando assim padrões únicos nas peças impressas (figura 74).

2

²⁹ Tradução livre do autor: “The idea was conceived when van Herpt noticed a glitch in his 3D ceramic printer, wherein motor resonance led to the natural formation of moiré patterns on the objects he was creating” Ashaboglu (2016) Acedido a 29/11/2021, em https://www.architectmagazine.com/technology/products/object-of-the-moment-solid-vibration-by-ricky-van-broekhoven-and-olivier-van-herpt_o



Figura 74 Projeto “Solid Vibrations”. Fonte: oliviervanherpt.com

Ao estudar o caso de Olivier van Herpt é possível observar a versatilidade deste designer em toda a sua envolvimento com o design cerâmico. Um dos primeiros pontos a considerar é o compromisso não só com os resultados finais, já que não limita o seu trabalho à realização dos projetos, mas com os meios para os alcançar sendo proativo no desenvolvimento da sua própria tecnologia usada na materialização dos seus projetos.

É de ressaltar a importância que o ambiente que rodeia as suas criações desempenha na materialização final. Compreende-se que, no momento em que se utiliza uma nova tecnologia como um meio para alcançar um projeto, esse objeto possa perder o seu carácter humano, tornando-se difícil criar uma ligação emocional com ele. No caso de van Herpt, e para a que as peças continuassem a manter essa ligação com os lugares e com as pessoas, a sua postura assumida resulta mais interventiva na realização das mesmas. A análise tanto deste caso de estudo como dos restantes casos apresentados neste capítulo permite retirar algumas conclusões relativas às formas que este poderá tomar. Uma das primeiras conclusões é que a geometria terá de ser maioritariamente vertical, já que geometrias horizontais correm o risco de colapsar, e que haverá liberdade de optar por geometrias mais complexas que não seriam possíveis através de métodos mais tradicionais.

4.2 Produtos veículos de cultura

Para este tema, optou-se por analisar um estudo intitulado “O Processo criativo entre o design e a música no desenvolvimento de uma experiência veiculadora de cultura” (Novo, 2020). Este projeto é o resultado da investigação concluída no ano de 2020, e que nasceu da necessidade de criar uma experiência que se proporciona pela exposição de cultura através do design. “Para o design, como para outras disciplinas, o conhecimento da cultura torna-se um pressuposto indispensável para o projeto de artefactos, fruto de processos envolvidos em contextos culturais que se tornam meios de interação com o cenário humanizado” (Aparo cit in Novo, 2020 :26). Para além de permitir a análise deste conceito, também se identificaram certos paralelismos com esta investigação que a tornam essencial:

- ▮ O Mestrado em Design Integrado do Instituto Politécnico de Viana do Castelo;
- ▮ A Cerâmica;
- ▮ As Tecnologias de manufatura aditiva.

O objetivo deste projeto consistiu no desenvolvimento de uma experiência transmissora de cultura através da junção da música e do design, tendo por objetivo final o desenvolvimento de parte da cenografia e do prémio para o XX Lethes de 2020 – Festival de Tunas, festival anual localizado em Viana do Castelo, tendo na sua envolvente o contributo tanto de designers como de músicos.

Num primeiro momento este projeto iniciou-se com a procura de conhecimento e de significados através da análise de conceitos como o da Modernidade Líquida (Bauman, 2000), o Design de Experiências, (Brown, 2019), o das redes territoriais, (Aparo, Soares, & Moreira da Silva, 2018) e do Design em Contexto, (Da Costa,1998). As análises destes conceitos permitem afirmar o design em contexto, “pode ser um processo criativo portador de inovação e naturalmente, oferecer um testemunho de educação, detentor de um sentido cultural avantajado” (Novo, 2020 :99). De acordo com a autora, optou-se por uma metodologia de co-design, “determinada pelas ligações cooperativas e colaborativas no desenvolvimento de projetos, daí determinarmos que no design desta experiência, todas as entidades, empresas e indivíduos envolvidos foram imprescindíveis” (Novo, 2020 :100), levantando assim a necessidade de desenvolver uma Rede-Territorial de entidades e empresas da região para o desenvolvimento futuro do projeto.

Numa segunda fase a autora iniciou o contacto com as diversas entidades julgadas essenciais para o projeto, tanto de cariz empresarial com de cariz associativo, com o intuito de compreender de que maneira se poderia conceber e materializar uma futura proposta. Através da realização de um trabalho de campo fundamentado por entrevistas, permitiu concluir uma interligação entre o círculo académico e as diferentes entidades presentes neste projeto. Novo enfatiza a importância do associativismo durante o percurso académico dos estudantes, concluindo que “as associações académicas são associações que provocam o impulso de experiências de cultura e conhecimento, tornando desta forma o Festival Lethes, num momento de transmissão de uma cultural musical e social” (Novo, 2020 :100).

O terceiro momento deste projeto inicia-se com a geração de ideias comunicadas através do desenho de esboço, fundamentada por toda a informação obtida, particularmente sobre o evento sobre o qual iria incidir a investigação o XX Lethes de 2020 – Festival de Tunas, as suas especificidades e elementos marcantes, concluindo que o objeto mais icónico deste festival seria a pandeireta. Neste momento o sistema de Rede de Empresas que iria apoiar a materialização deste projeto, das áreas da cerâmica, da impressão 3D e da serralharia, estava constituído.

Deu-se de seguida a criação de hipóteses através do desenho de diferentes conceitos usando como referência central a pandeireta, a performance e os instrumentos de cordas (figura 75). Dessas ideias, as hipóteses mais satisfatórias receberam uma dimensão física ao serem materializadas através da impressão 3D, por filamento termoplástico, de um modelo à escala 1:5 que permitiu tirar conclusões relativas à forma que o prémio de distinção iria tomar e que, quando concluídas as alterações, culminou na produção de um modelo à escala real. Para este modelo a autora recorreu “a experimentação com materiais cerâmicos nas oficinas de cerâmica da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do IPVC” (Novo, 2020 :75), iniciando-se com a produção de um molde em gesso de partes impressas em 3D e do seu enchimento, originado assim o primeiro protótipo.



Figura 75 Esboços de estudo para o prémio de distinção. Fonte: Rita Novo (2020)

Na fase final deste projeto apresenta um sistema de produto constituído por três partes: o prémio de distinção, inspirado na forma da pandeireta e um adereço de cena, também ele inspirado na pandeireta, mas numa escala superior permitindo relacionar-se com o corpo humano e o cenário. O prémio de distinção foi produzido em cerâmica, através do enchimento de moldes em gesso produzidos com o auxílio de modelos impressos em 3D. O material cerâmico utilizado no prémio foi a pasta de barbotina de grés, que depois da sua secagem e cozimento foram vidradas em branco e aplicado inscrições através da técnica de serigrafia, e fitas com as cores das respetivas tunas vencedoras do prémio. Para o adereço de cena a autora propôs a utilização de sombras durante todo o espetáculo (figura 76). Partindo da forma da pandeireta foi desenvolvida uma estrutura em metal de forma cilíndrico com 2 metros de diâmetro em que uma das suas faces se encontrava tapada com tela branca e as laterais revestidas com placas de aglomerado de fibras de madeiras resinosas designado por platex.



Figura 76 Prêmios de distinção finais e teste de luz/sombra do adereço de cena. Fonte: Rita Novo (2020)

Este projeto decorreu durante a pandemia de Covid-19, tendo sofrido alguns avanços e recuos, no entanto o sistema de Redes-territoriais, permitiu uma descentralização de trabalhos, “um processo criativo entre o design e a música orientado para o processo e assente num sistema de rede territorial revela-se uma oportunidade para desencadear diferentes tipologias de projeto de experiências veiculadoras de cultura” (Novo, 2020 :101).

5 A costa marítima vianense

Viana do Castelo revela-se um lugar fecundo tanto a nível da cultura material, como se pode constatar através da análise da história da sua cerâmica, mas também a nível da sua biodiversidade como aquela presente ao longo da sua costa marítima que se tornou relevante para este projeto.

A proximidade ao mar é uma das características mais importantes da cidade, estando presente em diversas partes das suas manifestações tangíveis e intangíveis. Associando ao conceito do *genius loci* ou o espírito do lugar, entendido como o território que influencia a produção “no qual o valor espiritual se opõe a uma posição estática e limitada, revelando uma dinâmica histórica e social que explora tanto o desenvolvimento cultural como molda diferentes níveis de significação atribuindo ao espaço um ambiente multidimensional que reúne espaço, conhecimento, tempo e cultura” (Cunha, 2015 :32).

A biodiversidade define-se como a “variabilidade entre sistemas e organismos no seguintes níveis de organização: biorregional, paisagístico, ecossistema, habitat, comunidades, espécies, populações, indivíduos, genes e as relações estruturais e funcionais dentro e entre esses diferentes níveis” (Byron, 200 :85). O ser humano torna-se parte integrante deste sistema sendo um dos principais responsáveis pela sua manutenção ou destruição. A produção agrícola intensiva, a construção de infraestruturas responsáveis por degradar o espaço natural, a exploração de recursos naturais, a poluição e as alterações climáticas constituem ameaças a ter em conta aquando da preservação da biodiversidade.

Ao dirigir parte desta investigação para a temática da biodiversidade presente na costa marítima de Viana do Castelo torna-se impossível ignorar como os comportamentos do ser humano têm contribuído para a degradação deste espaço. “Compreender as reais ameaças à biodiversidade e modelos de atuação para contrariar este flagelo mundial é tarefa árdua que requer o empenho não só da tecnologia e conhecimento das ciências, mas também de um contributo consciente de cada cidadão” (Gomes e Leal, 2010).

Com o conhecimento desta biodiversidade, surgiu a oportunidade, de não só desenvolver uma linha de produtos inspirada na costa marítima de Viana, mas também de compreender como esta linha pode contribuir para a consciencialização de um problema e tornar-se parte da sua solução. Segundo Manzini e Vezzoli (2002 :184) “a consciencialização acerca do problema ambiental levou à discussão e à

reorientação de novos comportamentos sociais, isto é, da procura por produtos e serviços que motivem a existência de tais processos e, consequentemente, desses produtos”.

A costa marítima é o lugar onde o mar e a terra se encontram e a diversidade de espécies presentes nesta zona faz com que ocorram fortes interações entre os diferentes organismos presentes. Estas espécies necessitam de uma forte capacidade de adaptação, pois estão sujeitas a variações bruscas no ambiente e mudanças de marés.

A seguir apresenta-se uma seleção de organismos relevantes em termos de morfologia, cor ou risco de extinção, presentes ao longo da costa marítima de Viana em que se usou como referência os Guias de Campo dos Espaços Naturais de Viana do Castelo Litoral (2020) desenvolvidos pelo CMIA (Centro de Monitorização e Interpretação Ambiental) de Viana do Castelo.

Algas

Sendo Viana do Castelo uma cidade costeira, esta apresenta uma grande diversidade de vegetação marítima onde os cenários dos grandes tapetes verdes ao longo da sua costa são bastante comuns. A cidade apresenta uma combinação ideal de luz, temperatura e *hidrodinamismo* favoráveis à existência desta diversidade. As algas “são organismos fotoautotróficos de meio maioritariamente aquático que possuem cloroplastos” (Costa, 2020 :7) um complexo e extenso grupo de organismos com a função equivalente à das plantas presentes no meio terrestre, sendo também responsáveis por grande parte da produção de oxigénio na nossa atmosfera. As figuras 77 a 85 remetem para exemplos de algas existentes na costa marítima de Viana do Castelo



Nome: Ulva

Descrição: Alga comestível, semelhante a folhas de alface, sendo denominada de alface-do-mar. Apresenta-se com vários tons de verde podendo apresentar-se com folhas muito finas e translúcidas (figura 77).

Figura 77 Ulva Fonte: iguiecologia.com



Figura 78 *Pelvetia canaliculata*
Fonte: algaebase.org

Descrição: Alga pequena de cor verde-azeitona que pode atingir tamanhos até aos 15 cm. Posiciona-se na parte mais alta das rochas, tendo pouco contato com a água, fazendo com que assuma uma coloração preta (figura 78).



Figura 79 *Fucus* spp. Fonte: algaebase.org

Nome: *Fucus* spp.

Descrição: Algas capazes de atingir mais 50 cm de comprimento, com uma coloração verde-azeitona. Todas as espécies possuem uma folhagem achatada. Uma das suas espécies (*Fucus serratus*) encontra-se em risco de extinção, já só existindo em algumas praias de Viana do Castelo (figura 79)



Figura 80 *Ascophyllum nodosum* Fonte: algaebase.org

Nome: *Ascophyllum nodosum*

Descrição: Macroalga de cor verde-azeitona capaz de atingir tamanhos até os 2 m. Possui vesículas com ar volumosas, espécie que se fixa em rochas, a sua esperança de vida pode ultrapassar os 20 anos e a partir dos dois anos e pode-se estimar a sua idade através das suas vesículas de ar que crescem uma por ano em cada ramo (figura 80).



Figura 81 *Bifurcaria bifurcata*
Fonte: biodiversidade.eu

Nome: *Bifurcaria bifurcata*

Descrição: De cor verde-azeitona-amarelada, possui folhagens cilíndricas ramificadas. Quanto ao seu tamanho esta pode atingir cerca de 30 cm de comprimento e localiza-se perto da superfície podendo assumir uma cor preta quando seca. (Figura 81)



Figura 82 *Lithophyllum byssoides* Fonte: algaebase.org

Nome: *Lithophyllum byssoides*

Descrição: Alga calcária com um aspeto semelhante a um cérebro. O seu crescimento dá-se nas zonas superiores das rochas e as suas cores variam entre o branco, o bege, o cinzento ou em tons claros de cor-de-rosa e violeta (figura 82)

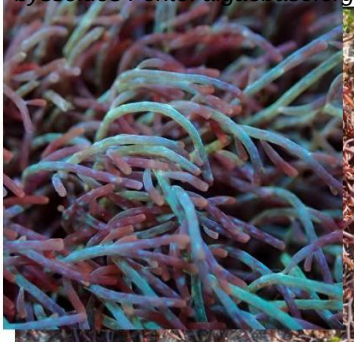


Figura 83 *Plocamium cartilagineum* Fonte: eol.org

Nome: *Chondracanthus acicularis*

Descrição: Alga de coloração avermelhada, com finas folhagens cilíndricas e pontiagudas. A sua ramificação é irregular e densa assemelhando-se a um relvado sobre as rochas, atingindo comprimentos até 10cm (figura 83).



Figura 84 *Chondracanthus acicularis* Fonte: seaweed.ie

Nome: *Plocamium cartilagineum*

Descrição: Alga de cor que varia entre os vermelhos mais fortes e os acastanhados, tem certa de 10 cm de altura podendo atingir os 20 cm. As suas folhagens são um pouco achatadas e as suas ramificações dá-se em grupos, normalmente de 3, com formatos semelhantes a de um pente (figura 84).

Figura 85 *Chondria coerulescens* Fonte: aphotomarine.com

Nome: *Chondria coerulescens*

Descrição: Espécie de alga com iridescência com cores azuis ou roxas quando submersas, tornando-se vermelhas fora de água e pretas quando secas, as suas folhagens são curtas atingindo até aos 8 cm e as suas ramificações são irregulares (figura 85).

Anelídeos

Os anelídeos são “invertebrados vermiformes segmentados e colonizam todos os tipos de habitats com exceção do meio aéreo” (Costa, 2020). Há alguma falta de familiaridade em relação a estas espécies sendo mais familiares as minhocas e sanguessugas. Esta espécie tem um forte contributo servindo de alimento para numerosas espécies de animais e sendo responsáveis por consumir detritos orgânicos, participando ativamente no processo de reciclagem e decomposição de matérias orgânicas. O seu papel é fundamental na integridade e funcionamento dos ecossistemas. As figuras 86 a 92 remetem para exemplos de anelídeos existentes na costa de Viana do Castelo.



Figura 86 *Eulalia viridis*
marlin.ac.uk



Figura 87 *Eupolymnia nebulosa*
Fonte: seawater.no



Figura 88 *Lepidonotus clava*
Fonte: seawater.no

Nome: *Eulalia viridis*

Descrição: É um anelídeo robustos, com tamanhos que podem atingir os 15 cm. Apresenta-se na cor verde, que utiliza como forma de camuflagem ao habitar em zonas com algas (figura 86).

Nome: *Eupolymnia nebulosa*

Descrição: Esta espécie chega a medir 15 cm de comprimento e 8 mm de largura, o seu corpo tem um aspeto suave e realiza a sua alimentação através da captura de detritos de matéria orgânica suspensa na água através dos seus tentáculos (figura 87).

Nome: *Lepidonotus clava*

Descrição: Apresenta-se coberto de escamas na sua superfície central, não se sobrepondo deixando exposta a área central. O seu tamanho é de cerca de 3 cm de comprimento e habita por baixo de rochas (figura 88).



Figura 89 *Bispira volutacornis*

Nome: *Bispira volutacornis*

Descrição: É um anelídeo sedentário e chega a medir perto de 10 cm. Apresenta uma coroa com duzentos tentáculos que pode retrain ao sinal de perigo. Habita em zonas de águas mais profundas em saliências e fendas rochosas. Por norma é possível encontrá-los em colónias da mesma espécie (figura 89).



Figura 90 *Sabella spallanzanii*

Fonte: marinespecies.org

Nome: *Sabella spallanzanii*

Descrição: Anelídeo sedentário, com corpo cilíndrico que pode atingir os 30 cm de comprimento, o seu corpo apresenta uma coloração amarela-acastanhada. Alimenta-se de matéria orgânica suspensa na água através das suas brânquias em espiral (figura 90).



Figura 91 *Filograna implexa*
biodiversidade.eu

Nome: *Filograna implexa*

Descrição: Pequeno anelídeo com um tamanho aproximado de 4 mm, o seu corpo é formado por tubos de calcário brancos pelos quais saem oito tentáculos de cor branca, cor-de-rosa ou sem pigmentação (figura 91).

Nome: *Spirobranchus lamarcki*

Descrição: Anelídeo sedentário com um tamanho aproximado de 2,5 cm de comprimento, forma tubos em calcário branco com um formato triangular. A sua coloração é variável, contudo habitualmente é encontrado com uma cor acastanhadas com manchas brancas (figura 92).

Figura 92 *Spirobranchus lamarcki*
aphotomarine.com

Artrópodes

Os artrópodes são uma espécie que apresentam” uma enorme diversidade de formas e tamanho e que exploram praticamente todos os habitats aquáticos” (Costa, 2020). No seu ambiente maioritariamente marinho são muito abundantes sendo até considerados como “insetos do mar”, e um parente afastado dos insetos do meio terrestre. O seu exosqueleto composto por quitina confere-lhes uma proteção altamente resistente e leve face aos seus predadores naturais. Contudo este seu revestimento também gera problemas durante o seu crescimento que devido à sua rigidez obriga a uma mudança de carapaça que, dependendo da sua espécie, consiste na procura de uma nova ou na libertação da antiga, e no endurecimento de uma nova de maiores dimensões. Exemplos da figura 93 a 99.



Figura 93 *Chthamalus stellatus*
Fonte: marlin.ac.uk



Figura 94 *Palaemon elegans*
Fonte: marinespecies.org



Figura 95 *Pollicipes pollicipes*
Fonte: marlin.ac.uk

Nome: *Chthamalus stellatus*

Descrição: Pequeno crustáceo com cerca de 15 mm de diâmetro, com uma concha constituída por seis placas calcárias, no seu interior apresenta cor azul com um ponto vermelho. Habita em praias rochosas, colonizando o substrato rochoso (figura 93).

Nome: *Palaemon elegans*

Descrição: Pequeno artrópode comumente denominado de camarão, que pode atingir os 5 cm de comprimento. Tem o corpo semitransparente, com a sua carapaça e abdómen marcados por bandas irregulares de cor acastanhada. Surge por toda a extensão da zona entre marés. A sua alimentação consiste em algas, detritos e invertebrados, sendo uma importante espécie necrófaga (figura 94).

Nome: *Pollicipes pollicipes*

Descrição: Conhecido pelo nome Perceba, pode atingir um comprimento de 10 cm, a sua cabeça está envolta por dezoito placas calcárias para sua proteção. Localizam-se fixos em substratos rochosos, em zonas expostas e com um forte hidrodinamismo. A sua alimentação baseia-se em zooplâncton (figura 95).



Figura 96 *Porcellana platycheles*
Fonte: biodiversidade.eu

Descrição: Pequeno crustáceo com cerca de 1,5 cm de comprimento, possui coloração castanha. As suas patas e pinças encontram-se cobertos por pelos. Localizam-se nas zonas entre marés, podendo ser encontrados na parte inferior das rochas. É uma espécie suspensívora, alimentando-se de matéria orgânica em suspensão na água. (figura 96).



Figura 97 *Anapagurus laevis*
Fonte: glaucus.org.uk

Nome: *Anapagurus laevis*

Descrição: Uma das espécies de caranguejo-eremita com cerca de 2 cm de comprimento, possui um abdômem mole e flexível que permite ocupar conchas espirais de moluscos gastrópodes que vai trocando conforme o seu crescimento. É uma espécie comum por toda a extensão de praias rochosas (figura 97).



Figura 98 *Cancer pagurus*
Fonte: seawater.no

Nome: *Cancer pagurus*

Descrição: Conhecido por Sapateira, é um caranguejo de corpo robusto, com um tamanho medio de 15 cm, mas podendo atingir um máximo de 25 cm. Possui uma coloração vermelha-acastanhada. É um predador notívago, alimentando-se de outros crustáceos e de bivalves (figura 98).



Figura 99 *Maja brachydactyla*
Fonte: marlin.ac.uk

Nome: *Maja brachydactyla*

Descrição: Caranguejo com uma carapaça convexa arredondada, com cerca de 18 cm de comprimento, esta carapaça esta coberta de espinhos, possui uma cor avermelhada e geralmente encontra-se coberto de algas e anêmonas como forma de camuflagem. Localiza-se em água mais profundas, e a sua alimentação consiste em algas, equinoderme e bivalves (figura 99).

Cnidários

Cnidários são “organismos de corpo mole, exclusivamente aquáticos, carnívoros, multicelulares e com tentáculos em torno da cavidade oral” (Costa, 2020). São seres gelatinosos não possuindo um sistema de órgãos e apenas um orifício, a sua boca, que está coberta por tentáculos que é a sua principal forma de defesa e único meio de captura de alimento. Nestes tentáculos estão presentes nematocistos, que são estruturas responsáveis por causar irritações e por terem uma capacidade aderente. Exemplos apresentados da figura 100 a 106.



Figura 100 *Actinia fragacea*
Fonte: marlin.ac.uk



Figura 101 *Anemonia viridis*
Fonte: marlin.ac.uk



Figura 102 *Aulactinia verrucosa*
Fonte: marlin.ac.uk

Nome: *Actinia fragacea*

Descrição: Anêmona de base larga com cerca de 10cm de diâmetro, os seus tentáculos possuem uma coloração vermelha ou púrpura. Comumente conhecida por morango-do-mar, esta espécie surge nas zonas entre marés, mais essencialmente em poças e fendas rochosas (figura 100).

Nome: *Anemonia viridis*

Descrição: Anêmona de maiores dimensões, com cerca de duzentos tentáculos de cor verde com as pontas em púrpura. Surge na zona entre marés ficando exposta a luz solar, necessária para a sua sobrevivência. Alimenta-se de pequenos peixes e crustáceos (figura 101).

Nome: *Aulactinia verrucosa*

Descrição: esta anêmona tem cerca de 2,5 cm de diâmetro e apresenta uma coloração acinzentada, possui cerca de 48 tentáculos transparentes com manchas que variam entre o cinzento, o verde e o rosa. O seu surgimento dá-se nas zonas entre marés fixando-se a rochas (figura 102).



Figura 103 *Actinotheroe sphyrodetata* Fonte: marlin.ac.uk



Figura 104 *Corynactis viridis* marlin.ac.uk



Figura 105 *Balanophyllia regia* Fonte: naturdata.com



Figura 106 *Leptogorgia lusitanica* Fonte: european-marine-life.org

Nome: *Actinotheroe sphyrodetata*

Descrição: Anémone com cerca de 2 cm de diâmetro, conhecida por Anémone ovo-estrelado devido as suas cores. Tem aproximadamente 120 tentáculos pontiagudos e o seu surgimento dá-se em zonas permanentemente submersas até os 50 m de profundidade (figura 103).

Nome: *Corynactis viridis*

Descrição: Pequena anémone com cerca de 1,5 cm de diâmetro. Apresenta cores vivas em tons podendo variar entre o laranja, o amarelo, o verde e o rosa. Surge em zonas não expostas à luz solar até 80 m de profundidade onde vive em colónias (figura 104).

Nome: *Balanophyllia regia*

Descrição: Espécie de coral de cores vivas que entre o laranja e o amarelo. Possui um exosqueleto calcário (coralite) com cerca de 1,5 cm de diâmetro. Surge em zonas submersas até aos 25 m de profundidade, em cavidades e fendas rochosas (figura 105).

Nome: *Leptogorgia lusitanica*

Descrição: Formando-se em colónias verticais, semelhantes a pequenos arbustos ramificados. Adicionalmente esta espécie produz toxinas tornando-as de sabor amargo ou até mesmo tóxicas para algumas espécies de peixes. São importantes para a criação de habitats, contudo devido a pressão causada pela pesca grande parte dos seus povoamentos encontram-se destruídos, localizando-se no momento essencialmente em fundos rochosos mais complexos onde não ficam expostos às atividades piscatórias (figura 106).

Equinodermes

Nos equinodermes pode-se encontrar as estrelas-do-mar, os ofiúros, os ouriços-do-mar, os pepinos-do-mar e os crinoides e reúne os animais invertebrados exclusivamente marinhos “distribuem-se por todos os oceanos, desde a zona entre marés até às profundidades abissais” (Costa, 2020). Relativamente à sua morfologia esta é caracterizada pela existência de espinhos tal como o seu nome indica (echinos = espinhos; derma = pele). Quanto ao seu tamanho, dependendo da sua espécie, este pode variar entre 1 cm e 300 cm. Exemplos apresentados desde a figura 107 a 113.



Figura 107 *Asterias rubens*
Fonte: asturnatura.com

Nome: *Asterias rubens*

Descrição: Estrela-do-mar com cerca de 20 cm, podendo atingir os 50 cm. Possui uma coloração que pode variar entre o violeta, o laranja e o castanho, possui também espinhos ao longo do seu corpo. É uma espécie bastante comum e são predadoras, alimentando-se de moluscos, anelídeos e de outros equinodermes (figura 107).



Figura 108 *Marthasterias glacialis* Fonte: biodiversidade.eu

Nome: *Marthasterias glacialis*

Descrição: Com tamanhos que podem variar entre os 30 e os 70 cm, esta estrela-do-mar apresenta espinhos mais robustos e cónicos sobre a sua face dorsal. A sua coloração varia entre o amarelo, o azul e o cinzento-esverdeado. Pode ser encontrada até os 200 m de profundidade e alimenta-se de moluscos algas, crustáceos e outros equinodermes (figura 108).



Figura 109 *Ophiothrix fragilis*
Fonte: marinespecies.org

Nome: *Ophiothrix fragilis*

Descrição: Com um disco central distinto com cerca de 2 cm e cinco braços longo e finos, possui uma coloração variada entre o vermelho, o branco e o castanho. Habita em praias rochosas em pode ser encontrada em fendas rochosas. A sua alimentação centra-se em matéria orgânica suspensa na água (figura 109).



Figura 110 *Ophiocomina nigra*
Fonte: european-marine-life.org

Nome: *Ophiocomina nigra*

Descrição: Ofiúro com um disco central de 3 cm de diâmetro. Possui uma coloração negra e habita em profundidades até 400 m. Alimenta-se levantando o alimento com os seus braços até a boca de matéria orgânica suspensa na água, mas também de algas (figura 110).



Figura 111 *Paracentrotus lividus* Fonte: naturdata.com

Nome: *Paracentrotus lividus*

Descrição: ouriço-do-mar com cerca de 7 cm de diâmetro, possui uma forma arredondada e achatada em calcário e encontra-se coberto por espinhos. As suas cores variam entre o violeta, o vermelho, o castanho, o rosa e o verde. Habita em poças perto da superfície da água de onde escava a suas próprias cavidades (figura 111).



Figura 112 *Holothuria forskali*
Fonte: biomarine.org

Nome: *Holothuria forskali*

Descrição: Pepino-do-mar com cerca de 25 cm de comprimento. Com um corpo cilíndrico possui uma superfície dorsal arredondada coberta por papilas cónicas. A sua cor é negra, com por vezes ocorrências nas extremidades nas suas papilas das cores branco ou azul. É um animal detritívoro alimentando-se de matéria orgânica e de algas (figura 112).



Figura 113 *Aslia lefevrei* Fonte: marlin.ac.uk

Nome: *Aslia lefevrei*

Descrição: Pepino-do-mar, que pode medir até os 15 cm de comprimento. Possui um corpo com uma coloração que varia entre o branco e o cinzento e tentáculos negros ou castanhos-escuros. Pode ser encontrada em fendas e por baixo de rochas e alimenta-se de matéria orgânica suspensa na água através dos seus tentáculos (figura 113).

Esponjas

As esponjas-do-mar “são os animais mais simples e antigos que se conhecem e terão surgido há mais de 542 milhões de anos” (Costa, 2020) podem ser encontradas em praias rochosas abrigados sob pedras e rochas sendo pouco tolerantes à exposição ao ar. Quanto à sua alimentação esta é realizada através da filtração da água que contem matérias alimentares, o mais fascinante nesta espécie é mesmo a sua capacidade de filtração onde até mesmo uma esponja de pequenas dimensões chega a filtrar cerca de 23 l de água por dia. O seu corpo tal como é possível presumir através do seu nome é bastante poroso e o seu formato, em espécies com formas simples, caracteriza-se pelas semelhanças com um vaso com várias perfurações. Exemplos apresentados desde a figura 114 a 120.



Figura 114 *Aaptos papillata*
Fonte: inpn.mnhn.fr

Nome: *Aaptos papillata*

Descrição: Esponja com cor violeta ou avermelhada, vive essencialmente coberto de areia, sendo só visíveis as suas papilas cónicas. Possui uma consistência firme e deposita-se nos substratos sendo de difícil separação (figura 114).



Figura 115 *Sycon ciliatum*
Fonte: marlin.ac.uk

Nome: *Sycon ciliatum*

Descrição: Com um aspeto delicado esta esponja possui uma forma tubular ou em vaso de cor amarela ou num cinzento-esbranquiçado. Encontra-se em profundidades até aos 150 m de onde pode ser observada tanto solitárias como em colónias (figura 115).



Figura 116 *Clathrina lacunosa*
Fonte: seawater.no

Nome: *Clathrina lacunosa*

Descrição: Pequena esponja com tamanhos até aos 3 cm, a sua cor é branca e o seu formato assemelha-se ao de um ovo. O seu crescimento dá-se em superfícies duras e situa-se exclusivamente em zonas submersas até aos 600 m de profundidade (figura 116).



Figura 117 *Haliclona oculata*
Fonte: marinespecies.org

Nome: *Haliclona oculata*

Descrição: Esponja de coloração amarela ou rosada. Possui uma aparência macia com ramos de diâmetro uniforme. Possui uma consistência firme junto à sua base e habita em zonas abrigadas, mas com grande movimentação de água (figura 117).



Figura 118 *Aplysilla rosea*
Fonte: biodiversity4all.org

Nome: *Aplysilla rosea*

Descrição: É uma esponja incrustante com coloração rosa e espessura aproximada de 5 mm. As suas elevações cónicas apresentam um aspeto espinhoso, sendo esta uma das suas principais características. Habita em zonas não expostas à luz solar até profundidades aproximadas aos 600 m (figura 118).



Figura 119 *Ciocalypta penicillus*
Fonte: marlin.ac.uk

Nome: *Ciocalypta penicillus*

Descrição: Esponja com uma base de cor amarela semelhante a uma almofada, que se encontra por norma coberta de sedimentos, sendo apenas visíveis as suas papilas cónicas de cor translúcida. Cresce em profundidades entre os 5 e os 25 m, por norma na parte superior das rochas em zonas com forte ação marítima (figura 119).



Figura 120 *Amphilectus fucorum* Fonte: habitas.org.uk

Nome: *Amphilectus fucorum*

Descrição: Esponja incrustante de tonalidade intensa de vermelho-alaranjado, possui uma superfície suave. As suas formas podem variar desde a camadas finas a aformas semelhantes a almofadas. O seu crescimento é muito rápido e dá-se tanto em zonas abrigadas como em zonas expostas à luz solar (figura 120).

Moluscos

Os moluscos representam um dos maiores conjuntos de espécies do Reino Animal, estando estudadas cerca de 200 000 espécies e com um largo registo de fósseis desde o período Câmbrio (cerca de 540 milhões de anos atrás). Dentro das suas subespécies, os gastrópodes (caracóis) foram os únicos moluscos que conseguiram evoluir para habitar em meio terrestre. São animais invertebrados, e nesta espécie estão presentes animais herbívoros, carnívoros, filtradores, parasitas e detritívoros. Morfologicamente são caracterizados pelo seu corpo mole não segmentado, com dimensões das mais microscópicas até dimensões gigantescas, podem possuir uma concha interna ou externa, sendo esta por vezes residual. Exemplos apresentados nas figuras 121 a 127.



Nome: *Patella ulyssiponensis*

Descrição: Lapa de concha cônica, possuem um pé musculoso que as mantém agarradas às rochas durante a maré baixa. A sua alimentação consiste em microalgas que raspam da superfície das rochas (figura 121).

Figura 121 *Patella ulyssiponensis*.
Fonte: european-marine-life.org



Nome: *Littorina compressa*

Descrição: É um caramujo com cerca de 2 cm de comprimento, com uma concha com uma coloração base em branco ou amarelo e ranhuras em negro. Alimenta-se de uma grande variedade de microrganismos e de detritos orgânicos (figura 122).

Figura 122 *Littorina compressa*.
Fonte: biodiversidade.eu



Figura 123 *Nucella lapillus*.
Fonte: european-marine-life.org

Nome: *Nucella lapillus*

Descrição: Este búzio possui uma concha espessa e pontiaguda onde as estrias de crescimento são visíveis. Normalmente mede 3 cm de comprimento podendo chegar até aos 6 cm. O formato da concha e a sua abertura variam de acordo com a exposição a predadores, em zonas mais exposta possuem uma concha mais achatada e abertura mais larga, em zonas menos expostas uma abertura mais estreita e concha mais alta (figura 123).



Figura 124 *Aplysia fasciata*
Fonte: naturdata.com

Nome: *Aplysia fasciata*

Descrição: É um molusco que possui uma concha interna delicada encontrando-se coberta pelo seu manto que nesta espécie pode crescer até aos 40 cm de comprimento. Geralmente de cor negra ou castanho muito escuro. Por vezes podem ser encontrados nas zonas das praias, nomeadamente nas épocas de reprodução. A sua alimentação baseia-se em algas (figura 124).



Figura 125 *Felimare cantabrica*
Fonte: opisthobranchis.info

Nome: *Felimare cantabrica*

Descrição: Esta espécie pertence aos nudibrânquios que são um grupo de moluscos de corpo mole que perde a concha após a sua fase larvar. Possui órgãos sensoriais no seu topo dorsal e dependendo da espécie pode apresentar padrões de cores vivas que utilizam para avisar os predadores para o seu mau sabor ou toxicidade. A sua alimentação baseia-se em esponjas e ascídias (figura 125)



Figura 126 *Mytilus galloprovincialis*
Fonte: biodiversity4all.org

Nome: *Mytilus galloprovincialis*

Descrição: Comumente conhecido por mexilhão, possui um corpo mole revestido por duas conchas ligeiramente convexas de cor negra ou azul-escura. Habita em ambientes rochosos, são organismos filtradores que se alimentam de fitoplâncton suspenso na água (figura 126).



Figura 127 *Octopus vulgaris*
Fonte: biodiversity4all.org

Nome: *Octopus vulgaris*

Descrição: O polvo possui um corpo mole e desprovido de concha, que pode atingir perto de 1 m de comprimento. Possui oito tentáculos e a sua coloração por norma é cinzenta-acastanhada, contudo o polvo pode mimetizar as cores e ambiente onde se encontra para se proteger dos predadores. Alimenta-se de crustáceos, outros moluscos e peixes. (figura 127).

6 Louça de Viana

A cidade de Viana do Castelo tem no seu património material contributos importantes para a história da cerâmica portuguesa e, por isso, torna-se necessário incidir parte desta investigação sobre a sua história e, particularmente, na Louça de Viana, com o intuito de encontrar a sua verdadeira essência e assim dar a possibilidade de integrar referências do lugar neste projeto com uma abordagem suportada por uma nova tecnologia.

A louça Vianense surge no ano de 1774, na freguesia de Darque em Viana do Castelo. Para este surgimento contribui a proximidade com o mar “que permitia o embarque mais fácil, para sair por mar ou rio acima” (Reis, 2003) e à existência de freguesias limítrofes ricas em matérias-primas. A primeira fábrica iniciou com a produção de peças em faiança tendo encerrando a sua atividade em 1855. Já em 1947, dá-se a fundação da Empresa de Cerâmica Regional Vianense Lda., popularmente conhecida por “Fábrica da Meadela” com o principal objetivo de fazer ressurgir a cerâmica artística tradicional Vianense.

As peças produzidas em porcelana dividiam-se em cerâmica decorativa e cerâmica utilitária e caracterizavam-se por serem completamente pintadas à mão e cozidas a uma temperatura de cerca de 1400°C, melhorando assim as suas propriedades mecânicas e tornando-as mais resistentes sendo um dos seus principais destaques em relação a outros tipos de louças produzidas.

A proliferação destas fábricas no país deveu-se em grande parte ao alvará publicado pelo Marquês de Pombal a 7 de novembro de 1770, que pretendia proteger todas as fábricas de louça presentes no país e as que viriam a estabelecer-se. Nele constava “a proibição de entrada no país de toda a louça estrangeira, com exceção da que viesse da Índia ou da China em navios portugueses, e a isenção do pagamento de direitos de saída” (Reis, 2003),

A decoração das peças era geralmente baseada em motivos religiosos, florais e brasões de famílias antigas, todos relevantes para a sociedade Vianense.

6.1 Os períodos da Louça de Viana

1º Período

Esta primeira fase inicia-se com a abertura da primeira fábrica de cerâmica em Viana do Castelo, em 1774. Segundo Reis (2003) primeiros anos foram preenchidos com experiências e novas aprendizagens, e as peças criadas durante este período não denotam um estilo próprio, assemelhando-se a peças criadas por outras fábricas tanto a nível nacional como internacional.

A maioria das peças apresenta uma decoração como uma predominância monocromática traduzida com motivos florais desenhados no centro. Estas decorações são compostas por cartelas abertas em azul com contornos a violeta, ornamentados ao estilo mais popular na sua época, o Rococó. Um dos exemplos da representação deste período são as mangas e os boiões de botica encomendados pela Misericórdia de Viana em 1775 à Fábrica de Viana (figura 128). As peças produzidas com vidrado branco mate apresentam “motivos vegetalistas despersonalizados, integrados nos característicos concheados, bem evidente nas molduras das cartelas que constituíram reservas para pintura dos números identificativos do medicamento a guardar e o brasão das Chagas com que então se identificava a Santa Casa” (Abreu, 2005).



Figura 128 Manga de farmácia do 1º período (Viana, 1775) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”

2º Período

Este segundo período que teve início em 1793 e término em 1829, reconhece-se por um “Período Áureo”, em que atingiu uma “maturidade”, verificável na qualidade das peças nunca atingida até à altura. A sua “pasta cerâmica da faiança vianense atingiu a sua maior perfeição conseguindo homogeneidade e distribuição regular dos pigmentos, esmalte brilhante, boa vitrificação e o tinir característico” (Abreu, 2005).

Ainda nesta fase aparecem os primeiros motivos que tomam como inspiração a cultura de Viana do Castelo e a utilização de uma nova paleta de cores mais variada. “As cores empregues foram: o azul-cobalto (...), aplicado a pincel e à esponja; o amarelo, (...) desde o amarelo-canário, amarelo palha, amarelo vivo e amarelo tostado, ao laranja; a cor de mel obtido a partir do óxido de ferro (...); o verde cúprico (...); o vinoso de manganês (...); às vezes mesmo o castanho-pinhão” (Abreu, 2005). As peças datadas nesta fase são classificadas por Reis (2003) como tendo um estilo Neoclassicista, caracterizadas pelo uso mais frequente da policromia e de padrões repetitivos com formas geométricas e cercaduras, contemplando as peças com um aspeto contemporâneo e limpo (figura 129).

Segundo Reis (2003), “A modelação, os ornatos relevados e os recortes são executados com perfeição e elegância em pratos, bacias, jarros, lavabos, pias de Água benta, tinteiros e areeiros, castiçais, galheteiros, cestinhas e outros. As cores são harmoniosas e suaves- azuis, verdes, amarelos, laranjas e violetas, em tons e graduações harmoniosas”.



Figura 129 Canjirão do 2º período (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”

3º Período

A terceira e última fase da Louça de Viana é denominada como a fase de decadência tendo o seu início em 1830 e terminando em 1855 com o encerramento da fábrica. Este encerramento deveu-se ao aumento da oferta de produtos a melhores preços tanto a partir do território português como internacional como é o caso da cerâmica inglesa, que com a sua influência nórdica, apresentava-se com um estilo identificado com o Romantismo, colocando fora de moda os padrões neoclássicos. Segundo Reis (2003) a louça inglesa tornou-se popular rapidamente devido à sua estética que apresentava motivos coloridos executados de uma forma mais “fresca” e de menor rigidez a um preço mais atraente.

Como forma de combater a concorrência, a Fábrica de Viana sacrificou a sua qualidade para poder competir com os preços mais baixos. No que respeita à sua estética, numa tentativa de tentar acompanhar as outras indústrias cerâmicas, optaram pela utilização do sistema “transfer-print”. Segundo Reis (2003 :59), “Apesar da beleza inerente a muitos dos espécimes decorados por este sistema, as consequências desastrosas tornam-se inevitáveis. Perdido o estímulo criador, as peças repetiam-se tornando-se monótonas, sem aquela individualidade que fazia de cada uma delas uma singular obra de arte”, por este motivo o fim da Fábrica de Viana foi inevitável.



Figura 130 - Prato do 3º período (Viana, m. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, “A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI”

6.2 Os motivos decorativos

Em relação ao material a faiança distingue-se dos restantes materiais por não ser demasiada pura, como acontece no caulino, nem com impurezas que dificultariam o trabalho nas suas peças. Na maioria dos casos as peças produzidas eram mergulhadas num *esmalte* branco, e seguida eram aplicados outros *esmaltes* coloridos para proceder aos seus desenhos. Esta tarefa exigia uma grande mestria por parte dos artesãos, que não tinham só de ter a técnica necessária para proceder aos desenhos, mas também a noção do resultado antecipado da cozedura das peças.

Durante o 1º período as peças produzidas apareciam essencialmente com três estilos distintos, o estilo rococó, o naturalista e o inspirado pela decoração da ourivesaria. O primeiro foi muito utilizado nos potes de botica, traduzido pelo seu traçado que rodeia as cartelas pintado em azul com contornos a vinoso. A decoração naturalista atingiu um grande nível de perfeição e apresentava uma policromia na representação de motivos florais, geralmente uma grande flor no seu centro por onde se espalham uma variedade de caules e flores. Segundo Reis (2003) a decoração inspirada pela ourivesaria, assemelha-se a louças francesas do séc. XVIII havendo uma predominância da monocromia e de flores desenhadas meticulosamente no centro dos seus pratos envoltos por uma facha que memora trabalhos de gravação em ourivesaria.

No “Período Áureo” a decoração que melhor pode definir este período é caracterizada pela junção de elementos decorativos naturais e geométricos de forma organizada e policromáticos. Os esquemas decorativos utilizados são inspirados em motivos neoclássicos, sendo então constituídos pelo aparecimento de grinaldas, festoes e elementos naturais como flores e folhas. Mais tarde, com o afastamento do estilo neoclássico começam a aparecer motivos inspirados na cultura marítima de viana, imagens mais populares introduzidas pelos trabalhadores das fábricas.

No último período, com a invasão dos produtos ingleses, as indústrias portuguesas viram-se obrigadas a adaptar-se à situação não só a nível técnico como artístico procurando ir ao encontro dos motivos utilizados pelos produtos ingleses que cada vez mais estavam em voga. Este facto levou à substituição de uma decoração minuciosa, de motivos geométricos e vegetais, para uma realizada a partir de pinceladas larga semelhantes a pintura sobre tela, agilizando a produção. Outra forma que encontram de tentar acompanhar os avanços tecnológicos das restantes

indústrias cerâmicas foi “transfer-print” que era trabalhado de uma forma mista sendo depois retocada manualmente.

6.3 As formas da Louça de Viana

A louça Viana está dividida em dois tipos de formas, biomórficas e geométricas. Dentro da categoria de peças biomórficas, encontramos as antropomórficas, como bustos e representações de pessoas da época e das espécies zoomórficas com representações de animais. Na categoria de louça geométrica podemos encontrar todas as peças em revolução, potes, pratos, travessas, entre outros.

As Formas Biomórficas

As formas biomórficas dividem-se em formas antropomórficas e zoomórficas. As antropomórficas são baseadas em formas humanas presentes geralmente em castiçais, em que os encaixes das velas são por norma suportado pela figura humana (figura 131).



Figura 131 Castiçais antropomórficos (Viana, p. séc XIX) fonte: ruicarvalhodesign.com

Já as formas zoomórficas correspondem a peças que reproduzem diversas figuras de animais, sendo exemplo os castiçais, os paliteiros e os galheteiros com formas de pombas ou coelhos (figura 132).



Figura 132 Castiçais zoomórficos (coelho) (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de António M. Reis, 2003, "A Louça de Viana"

As Formas Geométricas

Na maioria das faianças de Viana predominam as formas geométricas, salvo algumas exceções com a adição de asas para canecas, jarros e açucareiros. De forma a destacar as diferentes peças através das suas funções seguir-se-á a distinção das mesmas:

Açucareiros



Figura 133 Açucareiro (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"



Figura 134 Açucareiro com decoração vegetalista (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"

Bacias



Figura 135 Bacia para mãos (Viana, m. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"

Bacias de Barba



Figura 136 Bacia degolada para barba (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"

Boiões



Figura 137 Boião de botica (Viana, 1775) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"

Cálices



Figura 138 Cálice com tampa (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"

Canecas e copos



Figura 139 Caneca decorada com reticulados e decoração vegetalista (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"



Figura 140 Caneca com motivos geométricos e fitomórficos (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"



Figura 141 Copo decorado com motivos geométricos (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"

Pratos



Figura 142 Prato de sobremesa (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"



Figura 143 Prato com decoração geométrica e floral (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"



Figura 144 Prato com decoração floral (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"

Fruteiras



Figura 145 Saladeira / Fruteira (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"

Galheteiros



Figura 146 Galheteiro (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"

Chá e café



Figura 147 Cafeteira (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"

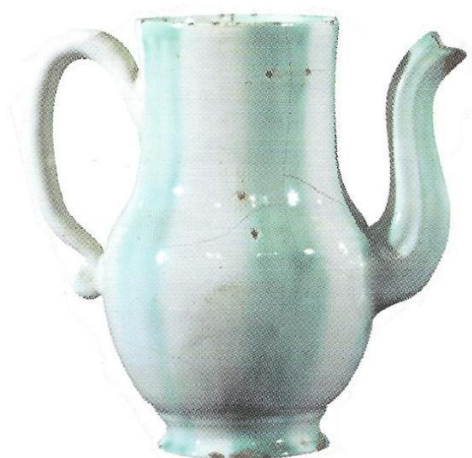


Figura 148 Bule (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"

Pias de água-benta



Figura 149 Pia de água-benta (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"

Terrinas



Figura 150 Terrina (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"

Tigelas



Figura 151 Tigela (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"



Figura 152 Tigela (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"

Tinteiros



Figura 153 Tinteiro e areeiro (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"

Diversos



Figura 154 Paliteiro (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"



Figura 155 Molheira (Viana, p. sec. XIX) Fonte: Figura de Alberto A. Abreu, 2005, "A Louça de Viana: Das origens ao Século XXI"

Parte II – Concretização do projeto

7 Desenvolvimento

7.1 Caracterização do material

Durante todo o trabalho de investigação foi usada uma pasta de porcelana da Aquitex (referência Porbax 02BA, cuja composição química se indica na Tabela seguinte). Depois de alguns ajustes iniciais, em que se variou apenas o teor de humidade (usados apenas nos anteriores testes de impressão), conclui-se que nesta fase mais avançada dos ensaios era necessário usar alguns aditivos, para ajustar convenientemente a plasticidade final da pasta de porcelana. Numa fase inicial, a mistura da pasta em pó com água foi preparada com a ajuda de um agitador mecânico, dando origem a uma suspensão com 30% de humidade. Posteriormente, para o ajuste da plasticidade, a mistura foi aditivada com 0,06% de um plastificante e 0,23% de um lubrificante (referências Zuzoplast C28 e Zusoplast O59 respetivamente, da *Zschimmer & Schwarz*), donde se obteve uma pasta plástica com viscosidade suficiente para impressão (entre 10 a 11 Pa.s)

SiO ₂	64,00%
Al ₂ O ₃	24,20%
K ₂ O	3,10%
Na ₂ O	0,63%
MgO	0,17%
CaO	0,18%
Fe ₂ O ₃	0,40%

Tabela 3 Composição química em óxidos da pasta Porbax 2BA, da Aquitex.

7.2 Primeiras impressões

Após a conclusão da produção e dos ajustes finais na impressora de cerâmica iniciaram-se os últimos testes de impressão, que iriam anteceder a produção final das peças deste projeto. Nesta fase tentou-se encontrar o equilíbrio correto entre a programação da impressora e a pasta, de forma a materializar corretamente as peças idealizadas neste projeto.

Num dos primeiros testes a extrusora apresentou um funcionamento constante, no entanto verificou-se que a quantidade de pasta extrudida não era suficiente para preencher todos os espaços que a cabeça de extrusão percorria, havendo várias falhas de material durante a impressão, tal como se pode observar na figura 156.



Figura 156 Teste de impressão, com falhas na continuidade do fio de pasta extrudida Fonte: Rafael Rocha



Figura 157 Teste de impressão com excesso de extrusão Fonte: Rafael Rocha

A programação foi sendo ajustada até se encontrar um resultado satisfatório, contudo este resultado revelou o contrário do que se tinha sucedido na experiência anterior, havendo um excesso de pasta no fio extrudido. De qualquer modo, como se pode observar na figura 157, o resultado obtido foi bastante promissor, tendo sido possível imprimir uma peça de forma contínua e já com uma altura apreciável (com cerca de 10 cm), embora com algumas deformações laterais.

No decorrer destes testes surgiu uma quebra no tubo de extrusão e no pistão da extrusora, interrompendo os avanços dos ensaios que se perspectivavam fazer para a materialização final deste projeto, a partir da utilização exclusiva desta impressora 3D.

Havendo naquela altura restrições de prazo para conclusão deste projeto de investigação, resolveu-se deixar a etapa final de impressão com esta impressora em pausa e procurar uma alternativa para materialização das peças idealizadas. Contactando o IDEGUI - Instituto de Design de Guimarães, encontrou-se

disponibilidade para materialização final do projeto, através da impressora cerâmica dessa instituição. Quanto á impressora 3D desenvolvida durante esta investigação, fica a aguardar por disponibilidades futuras dos intervenientes neste projeto, para resolver todos os problemas que surgiram durante os últimos testes de impressão.

7.3 Conceitos e referências

Cada vez mais “os padrões de desenvolvimento humano e as atividades económicas resultaram em desafios de sustentabilidade de escala e urgência sem precedentes, por exemplo, em termos de alterações climáticas e perda de biodiversidade global” Domingos & Vieira (2021). O design é uma disciplina importante porque não só tem evoluído de forma a gerar produtos alternativos que causam um baixo impacto ambiental, mas também por produzirem produtos que apelem a uma mudança de comportamento perante o ambiente tomando como inspiração elementos da natureza para o desenvolvimento de novos produtos permitindo criarem uma discussão em torno da temática da sustentabilidade do meio ambiente.

Na procura de um sistema de iluminação mais ecológico a Philips desenvolveu um sistema autossuficiente através da utilização de resíduos domésticos. Na busca por uma alternativa à iluminação artificial, a Philips inspirou-se nos pirilampos e outros animais com a capacidade de produzirem a sua própria luz, o que permitiu encontrarem uma espécie de bactéria com capacidades luminescentes (figura 158). Essas bactérias alojadas no interior de contentores em vidro soprado à mão, tem como base da sua alimentação o gás metano, um gás facilmente produzido através da decomposição de resíduos orgânicos produzidos em ambiente doméstico, criando assim uma fonte de alimentação sustentável. A capacidade de iluminação deste sistema não é suficiente para se tornar a fonte de iluminação exclusiva de uma habitação, no entanto abre as portas para novas alternativas de iluminação autossustentáveis.

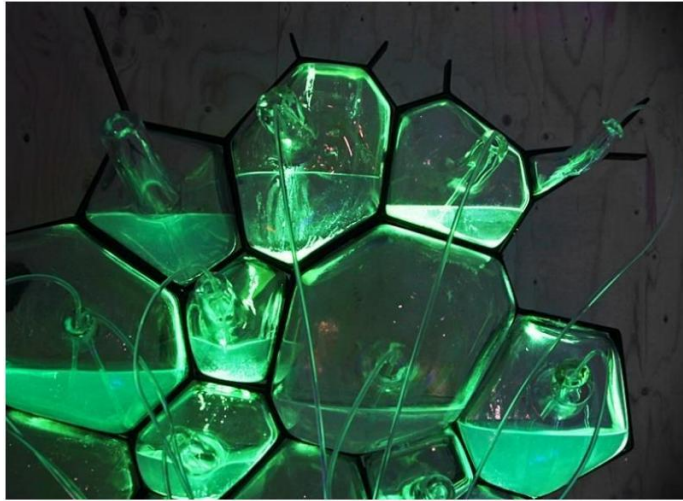


Figura 158 Philips Bio-light Fonte: artandsciencejournal.com

Bloom é uma linha de candeeiros projetada para a marca MGX pelo designer francês Patrick Jouin que toma por inspiração o comportamento de algumas flores em relação à exposição à luz (figura 159). Não possui um interruptor sendo a intensidade da luz controla através do movimento das “pétalas” que quando se encontram fechadas produzem um tom de luz mais claro e que abertas um tom mais intenso. Este projeto teve ainda o contributo da manufatura aditiva para a sua produção já que as suas “pétalas” foram produzidas recorrendo a essa tecnologia.



Figura 159 Candeeiros Bloom de Patrick Jouin Fonte: designcurial.com

A Fractal Table é resultante do estudo dos padrões de crescimento fractais, um tipo de padrão muito encontrado na natureza que pode ser descrito através de algoritmos matemáticos (figura 160). Um fractal é uma forma geométrica que pode

ser dividida em várias partes, em que cada divisão é uma versão de dimensões menores à anterior. A forma desta mesa assemelha-se a uma árvore onde as suas pernas se ramificam até formarem uma base plana.



Figura 160 Fractal Table de Platform Wertel Oberfell Fonte: dezeen.com

A Love Ocean é uma marca de cuidados de higiene que tem como objetivo a abolição de produtos descartáveis. Oferece uma gama de produtos sustentáveis, biológicos e inspirados pelo oceano, sendo uma embalagem projetada para ser reabastecida e reutilizada através de eco recargas. Um dos objetivos desta embalagem (inteiramente feita com plástico reciclado) para além da diminuição da produção de resíduos, é proporcionar oportunidades para se discutir o tema da proteção dos oceanos. Esta oportunidade é criada através de uma embalagem inspirada em um dos animais mais emblemáticos do oceano, a baleia.



Figura 161 Gel de banho Love Ocean Fonte: loveocean.com

7.4 Desenvolvimento de um novo conceito para uma linha de produtos cerâmicos

O conceito principal para o projeto centrou-se numa relação simbiótica entre duas culturas, uma natural, baseada na costa marítima de Viana do Castelo e outra material com focada na Louça de Viana. De um lado temos a costa marítima que devido à intervenção humana e à falta de estratégias para a preservação da vida marinha a população de algumas das espécies presentes tem vindo a diminuir; do outro temos a Louça de Viana que se encontra num estado de estagnação, tornando um dos símbolos da cidade em risco de desaparecimento. Este projeto procurou assim criar um meio de consciencialização veiculando estas duas culturas de uma forma simbiótica.

Na natureza, uma relação simbiótica trata-se da associação de dois ou mais seres de espécies diferentes em que todos os intervenientes desta relação se beneficiam, este tipo de relação é muito comum em ambientes aquáticos, é utilizada principalmente como uma forma de subsistência e proteção. Temos por exemplo os caranguejos-eremitas que, por vezes, na carapaça em que habitam aloja-se um cnidário (figura 162). Para o cnidário o seu benefício com esta relação é poder alimentar-se dos detritos produzidos pelo caranguejo-eremita quando se alimenta já para o caranguejo-eremita, a presença de um cnidário na sua carapaça, cria um novo método de proteção contra predadores através dos seus tentáculos. Nas constantes mudanças de carapaça por parte do caranguejo-eremita o próprio caranguejo desloca o cnidário de uma carapaça para a outra.



Figura 162 Relação simbiótica entre o caranguejo-eremita e um cnidário Fonte: cosmosmagazine.com

A forma encontrada para retratar esta relação simbiótica entre um objeto e um ambiente tomou como inspiração as muitas situações em que objetos são inseridos em meios marítimos e que são tomados pelos vários constituintes da fauna e flora marítima. Pretendeu-se criar um paralelismo entre estes objetos esquecidos pela intervenção humana e a Louça de Viana também em vias de esquecimento. Este “esquecimento” foi representado por uma suposta submersão das peças de Louça de Viana na costa marítima e o resultado final desta linha pretendia representar como a natureza marítima tomaria conta destes objetos. Assim as peças desenvolvidas iriam manter a sua forma original, mas a sua superfície iria sofrer alterações impostas pela simbiose entre as formas de vida marinha e a Louça de Viana.



Figura 163 Barco afundado tomado pela vida marinha Fonte: thetravel.com

7.5 Exploração do conceito através do desenho

Após desenvolvida a recolha dos elementos que iriam compor este projeto (a fauna e flora marítima de viana e a Louça de Viana) iniciou-se a exploração do conceito da simbiose destas duas “espécies” através do desenho, com o auxílio de esboços manuais.

Numa primeira abordagem pretendeu-se manter as geometrias primordiais das peças da Louça de Viana e adicionar elementos da natureza. Optou-se por desenvolver este conceito em torno de duas peças da Louça de Viana, a manga de farmácia (Figura 128) e o pote de botica (Figura 137), essencialmente, pelas suas geometrias serem maioritariamente verticais o que tendo em conta a tecnologia que se iria utilizar para produzir as peças era imperativo serem compostas por geometrias verticais para que se pudesse reduzir a possibilidade de eventuais erros de impressão (figuras 164 e 165). Estas duas peças ganharam maior relevância para o

projeto já que foram das primeiras peças a serem produzidas em Viana do Castelo em 1744.

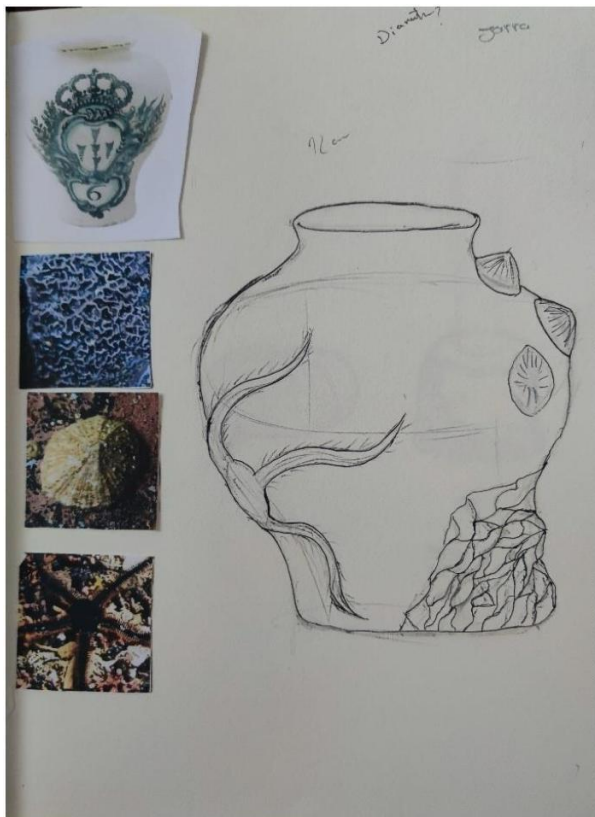


Figura 164 Esquisso manual inspirado no pote de botica com a adição da alga (*Lithophyllum byssoides*), da lapa (*Patella ulyssiponensis*) e da estrela-do-mar (*Ophiocomina nigra*) Fonte: Rafael Rocha

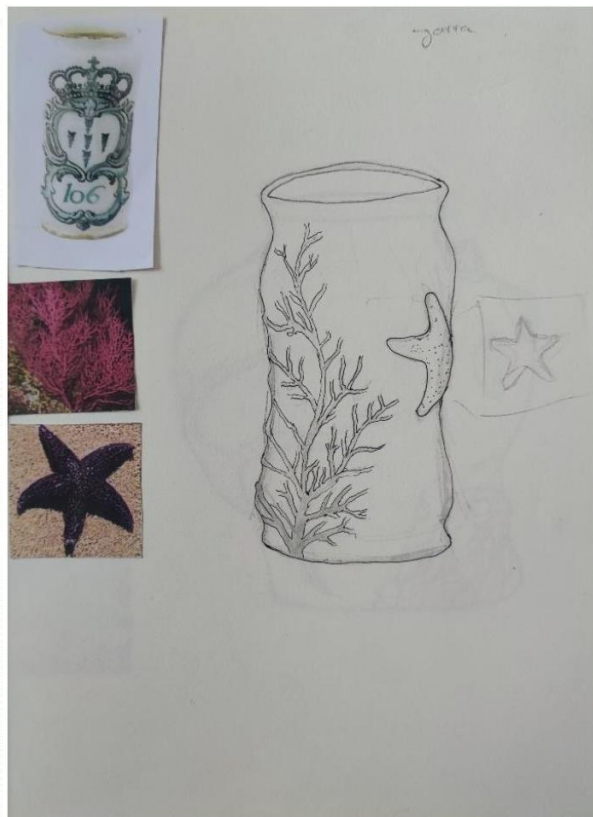


Figura 165 Esquisso manual inspirado na manga de farmácia com a adição do cnidário (*Leptogorgia lusitanica*) e da estrela-do-mar (*Asterias rubens*) Fonte: Rafael Rocha

Neste momento, verificou-se que esta abordagem ao desenvolvimento das peças não era a mais adequada, acima de tudo por se tratar simplesmente de uma “colagem” de elementos da natureza sobre as peças originais, não apresentando assim uma carácter exploratório pretendido numa investigação na área do design. Outro problema que se levantou, foi referente a geometria do pote de botica que no caso de ser impresso de acordo com o desenho, haveria uma grande possibilidade de colapso da peça. Apesar de ser maioritariamente vertical, o pote na sua altura superior apresenta um maior diâmetro que não pode ser suportado. Seria necessário encontrar uma solução que permitisse manter as formas originais das peças, e simultaneamente prever um suporte para elas.

Seguiu-se a exploração de forma mais detalhada a manga de farmácia já que em relação a sua geometria não apresenta elevados riscos de colapso durante uma impressão. Nesta fase previu-se alterar parcialmente as dimensões da peça reduzindo a sua altura e aumentando o seu diâmetro, resultando num pote (figuras

166 e 167). Também se trabalhou em torno da manga de farmácia mantendo as dimensões originais e incorporando os tentáculos de um cnidário (*Anemonia viridis*). Em ambos o caso continuava a haver uma falta de exploração em torno da impressão 3D, sendo que ambas as peças poderiam ser materializadas através de métodos tradicionais.

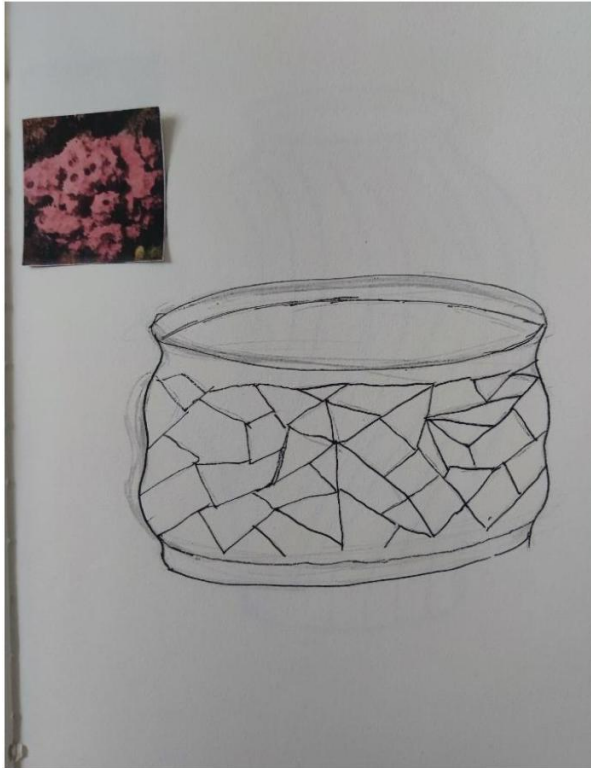


Figura 166 Esquisso manual inspirado na manga de farmácia com a adição da esponja do mar (*Aplysilla rosea*) Fonte: Rafael Rocha

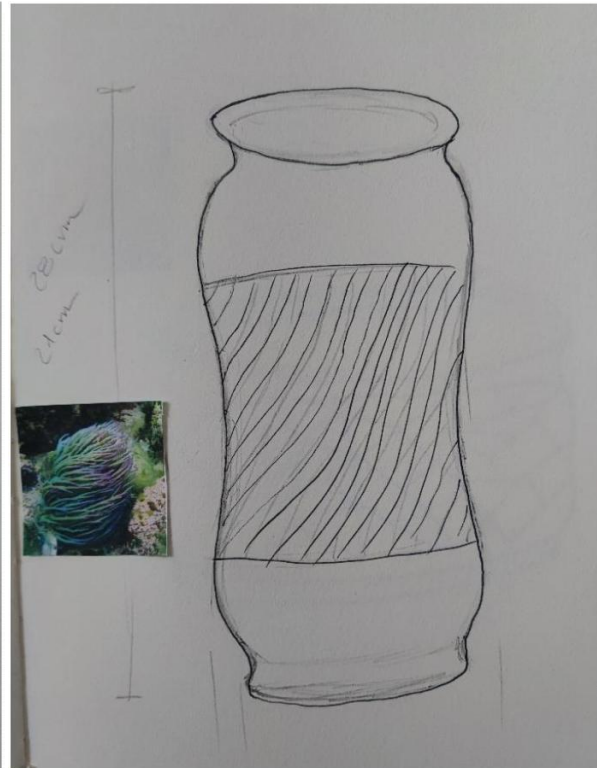


Figura 167 Esquisso manual inspirado na manga de farmácia com a adição do cnidário (*Anemonia viridis*) Fonte: Rafael Rocha

Por fim resolveu-se recuar um pouco no desenvolvimento dos desenhos, reanalisar os exemplos em torno da manufatura aditiva cerâmica e pôde-se compreender que se poderiam optar por geometrias mais desafiadoras, ao mesmo que se mantinha a silhueta original das peças. Assim, era possível uma geometria autossustentável com a sobreposição de várias camadas e tornando possível a materialização das peças com um menor risco de colapso durante a impressão. Para tal alterou-se o volume útil do pote de botica pelo aumento do seu diâmetro proporcional ao aumento da sua altura, para um volume cilíndrico rodeado por placas simétricas que recriam a sua silhueta original.

Pelo tipo de geometria que se procurava, dois elementos da fauna e flora destacaram-se por naturalmente já possuírem um formato semelhante a um vaso tornando-se o caminho ideal para afirmar a ideia de simbiose entre estes dois

elementos, sendo ambos esponjas do mar (*Haliclona oculata* e *Clathrina lacunosa*) (figuras 168 e 169).



Figura 169 Esquisso manual inspirado no pote de botica com a adição da esponja do mar (*Haliclona oculata*) Fonte: Rafael Rocha

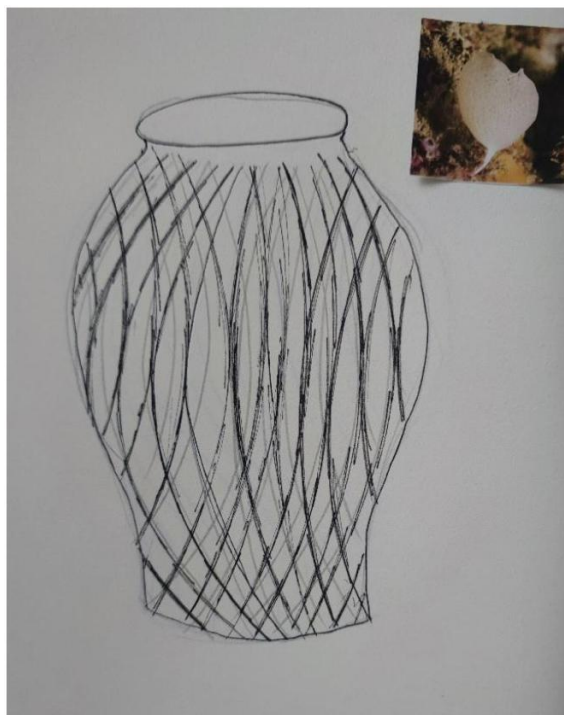


Figura 168 Esquisso manual inspirado no pote de botica com a adição da esponja do mar (*Clathrina lacunosa*) Fonte: Rafael Rocha

Este novo desenvolvimento permitiu encontrar a abordagem correta para a execução deste projeto, trabalhando-se assim com uma geometria complexa ao ponto de ser difícil materializar através da utilização de métodos de produção tradicionais. Esta opção revelou-se mais representativa de um caráter exploratório que se procurava com recurso à tecnologia de manufatura aditiva (impressão 3D) e um equilíbrio estético através da simplicidade visual.

7.6 Produção de modelos de estudo

Na fase do desenvolvimento dos modelos de estudo optou-se pela utilização de duas abordagens diferentes: a produção manual dos modelos à escala real em esferovite, e a produção dos mesmos modelos à escala 1:5 através da utilização da impressão 3D por FDM. A utilização destas duas estratégias deveu-se a uma tentativa de reduzir o tempo de execução desta fase.

Com os modelos em esferovite procurou-se compreender como as peças funcionariam com as dimensões reais e como os diferentes modelos se comportavam em conjunto (figura 170).



Figura 170 - Produção de modelos em esferovite

Já com as peças impressas em 3D procurou-se compreender a qualidade dos detalhes, não sendo assim necessário produzir os modelos em esferovite com rigor formal. Utilizando a ferramenta de modelação SolidWorks foi possível criar os modelos e as suas variantes com maior rapidez.

Apesar do desenvolvimento da peça, em torno da manga de farmácia, ter ficado de parte pela sua simplicidade geométrica, com a utilização da manufatura aditiva resolveu-se na mesma desenvolver um pouco mais este conceito como forma exploratória. Na produção destes primeiros modelos criaram-se três variantes: dois inspirados pelo cnidário *Anemonia viridis* e outro pela alga da espécie *Fucus* (figura 171).



Figura 171 Modelos inspirados na manga de farmácia com a inspiração (da esquerda para a direita) do cnidário (*Anemonia viridis*) e da alga (*Fucus*). Fonte: Rafael Rocha

Ainda em torno da manga de farmácia, mas com uma variação nas dimensões, de forma a criar um pote, desenvolveram-se também dois modelos (figura 172), um anteriormente referido na fase dos desenhos e outro com a adição do elemento da alga (*Fucus*). Esta opção de desenvolvimento já tinha sido colocada de parte, mas tendo em conta a precisão e rapidez da impressão, achou-se pertinente manter este carácter exploratório em todos os conceitos desenvolvidos.



*Figura 172 Modelos inspirados na manga de farmácia com a adição (da esquerda para a direita) da esponja-do-mar (*Aplysilla rosea*) e da alga (*Fucus*) Fonte: Rafael Rocha*

Pretendendo-se chegar a uma linha de produtos cerâmicos continuou-se o desenvolvimento de possíveis peças que pudessem integrar o conjunto mantendo-se dentro do mesmo ambiente. Um elemento que despertou interesse foi o ouriço-do-mar devido à geometria contida na sua concha que poderia ser facilmente traduzida numa peça de cerâmica. O resultado mostrou-se muito satisfatório, mas não foi mais desenvolvido por ser ter considerado já muito explorado na cerâmica e ao mesmo tempo por não conter nenhuma ligação com os elementos da Louça de Viana (figuras 173 e 174).



Figura 173 Concha de ouriço-do-mar (*Paracentrotus lividus*) Fonte: publicdomainpictures.net



Figura 174 Modelo inspirado no ouriço-do-mar (*Paracentrotus lividus*) Fonte: Rafael Rocha

Os últimos modelos produzidos tiveram como base os desenhos inspirados no pote de botica e nas esponjas-do-mar *Clathrina lacunosa* e *Haliclona oculata*. Esta abordagem revelou-se ser a mais vantajosa para a utilização desta tecnologia como também a mais harmoniosa no resultado da simbiose entre os dois elementos.

O primeiro modelo produzido resultou da mistura de formas do pote de botica com a esponja-do-mar (*Clathrina lacunosa*). Este espécie natural apresenta uma estrutura em que os seus elementos se cruzam formando uma “rede”. Nos modelos procurou-se também desenvolver um tipo de geometria cruzada alcançando assim um aspeto semelhante ao da esponja-do-mar e ao mesmo tempo mantendo a silhueta original do pote de botica (figuras 175 e 176). Sob este conceito foram desenvolvidas uma jarra e um porta-velas. O porta-velas apropriou-se do topo da jarra, no entanto, a sua forma de cúpula tornou-o um objeto de difícil manuseamento.



Figura 175 Esponja-do-mar *Clathrina lacunosa*
Fonte: seawater.no



Figura 176 Modelo de jarra e porta-velas inspirado pelo pote de botica e pela esponja-do-mar (*Clathrina lacunosa*)
Fonte: Rafael Rocha

Um segundo modelo utilizou o mesmo tipo de forma, e buscou inspiração na esponja-do-mar *Haliclona oculata* que apresenta uma geometria mais simples, não havendo assim um cruzamento dos diferentes elementos que compõe as peças. Julgou-se que possivelmente iria facilitar a impressão dos modelos, mantendo na mesmo o caracter exploratório sobre a tecnologia de manufatura aditiva. Quanto às suas variantes, manteve-se a jarra, o porta-velas e desenvolveu-se também um recipiente para chaves (figuras 177 e 178).



Figura 177 Esponja-do-mar *Haliclona oculata*
Fonte: marinespecies.org



Figura 178 Modelo de jarra, porta-velas e tigela para chaves inspirado pelo pote de botica e pela esponja-do-mar (*Haliclona oculata*)
Fonte: Rafael Rocha

Com os modelos desenvolvidos discutiu-se qual seria a hipótese mais satisfatória. Relativamente ao conceito escolhido optou-se pela simbiose entre o pote de botica e a esponja-do-mar *Haliclona oculata*. Esta escolha deveu-se por ser a melhor opção para a tecnologia de fabricação possibilitando uma melhor impressão sem erros, além de se considerar ter uma estética mais harmoniosa. No caso da jarra, esta manteve-se sem nenhuma alteração já que respeitava o formato e dimensões originais. No caso do porta-velas, o principal problema encontrado foi o seu formato em cúpula o que impediria um fácil manuseamento. Para solucionar este problema, optou-se por utilizar a parte inferior da jarra em vez da superior, originando assim uma peça de formato trapezoidal que facilitaria o seu manuseamento. Por último o recipiente para chaves revelou-se uma peça sensível. Tendo em conta a sua utilização (o contato com metal (chaves) poderia quebrar/riscar alguma parte), provocou a alteração para um centro de mesa reduzindo-se a altura e aumentando-se o diâmetro de acordo com as medidas usualmente utilizadas para este tipo de peças (figura 179).

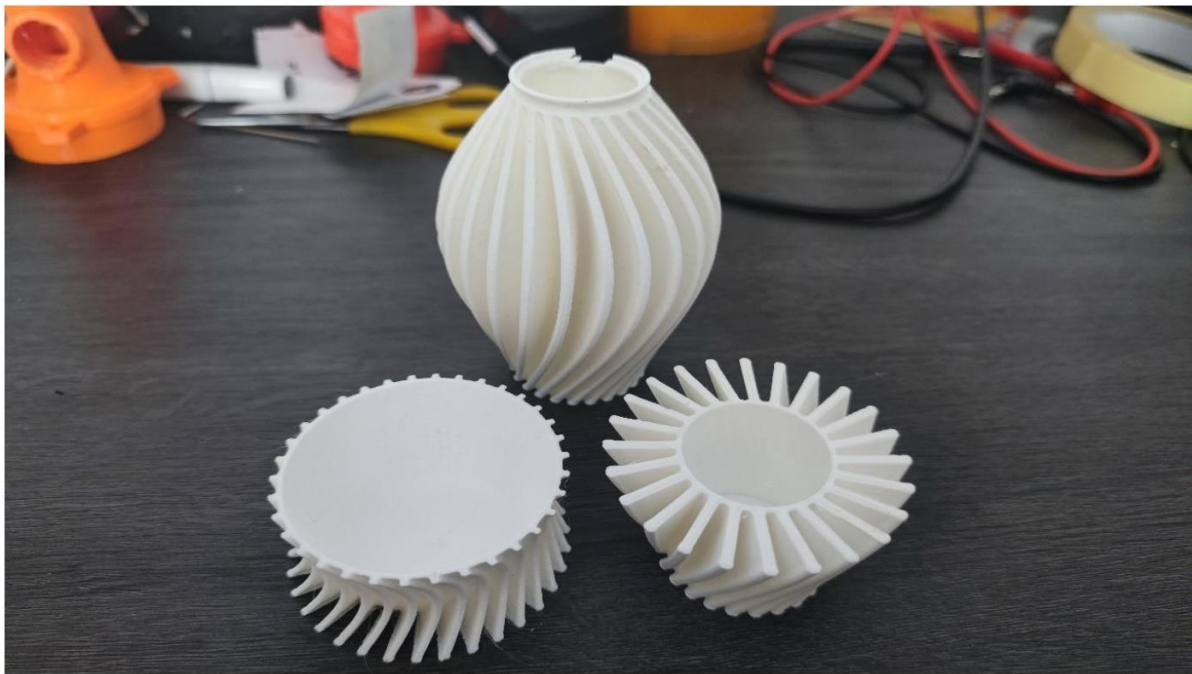


Figura 179 Modelos da jarra, porta-velas e centro-de-mesa inspirados no pote de botica e na esponja-do-mar (*Haliclona oculata*) Fonte: Rafael Rocha

Na fase de produção manual de modelos em esferovite à escala real privilegiou-se a aproximação às dimensões gerais das peças, já que os detalhes mais intrincados foram abordados através das maquetes impressas em 3D (figura 180).



Figura 180 Processo de produção dos modelos em esferovite (Jarra, porta-velas e centro de mesa, nomeadamente). Fonte: Rafael Rocha

Com a produção destes modelos foi possível compreender como as peças se iriam comportar num contexto real, e como as suas diferentes dimensões se conjugariam, podendo-se confirmar a sua unidade através das formas (figura 181).



Figura 181 Resultado final dos modelos à escala real em esferovite. Fonte: Rafael Rocha

7.7 Detalhamento e especificações

7.7.1 Modelação digital

A etapa da modelação digital foi realizada no programa SolidWorks (Dassault Systèmes S.A), permitindo definir com rigor as suas dimensões. No caso da jarra esta tomou uma altura de 246,17 mm por 212,12 mm de diâmetro mantendo assim uma grande semelhança com as dimensões praticadas nos potes de botica. Quanto à sua construção esta foi realizada através da utilização da ferramenta presente no programa, *Loft*, que permite fazer transições entre diferentes perfis garantindo assim uma geometria harmoniosa como se pode notar através das linhas fluidas presentes na jarra (figura 182).

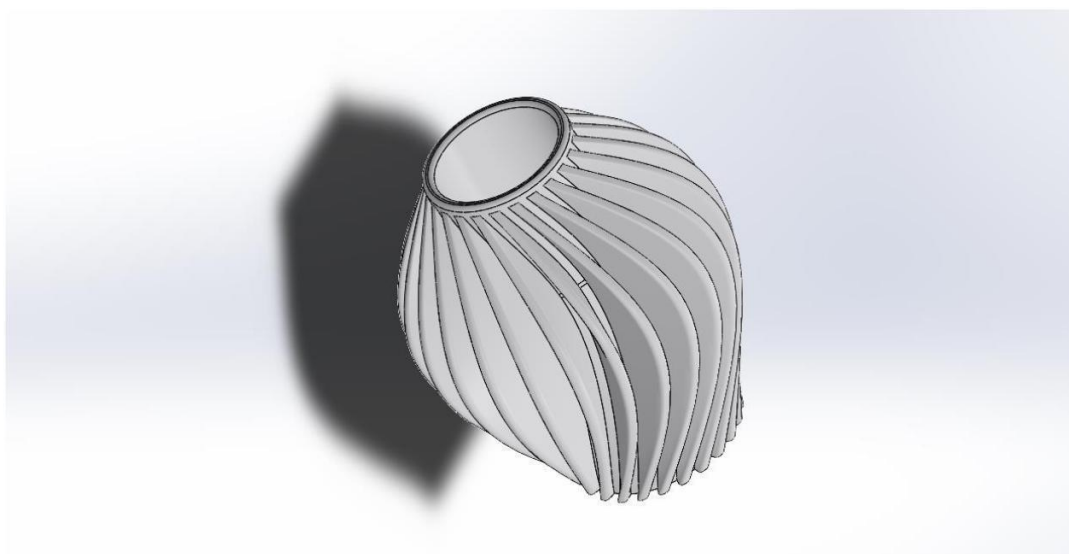


Figura 182 Modelação da jarra em SolidWorks. Fonte: Rafael Rocha

Para o porta-velas partiu-se do mesmo modelo da jarra. Neste caso aplicou-se um corte na peça mantendo unicamente 90 mm de altura a partir da base, tornando estas duas peças muito semelhantes, mas com funções diferentes (figura 183).

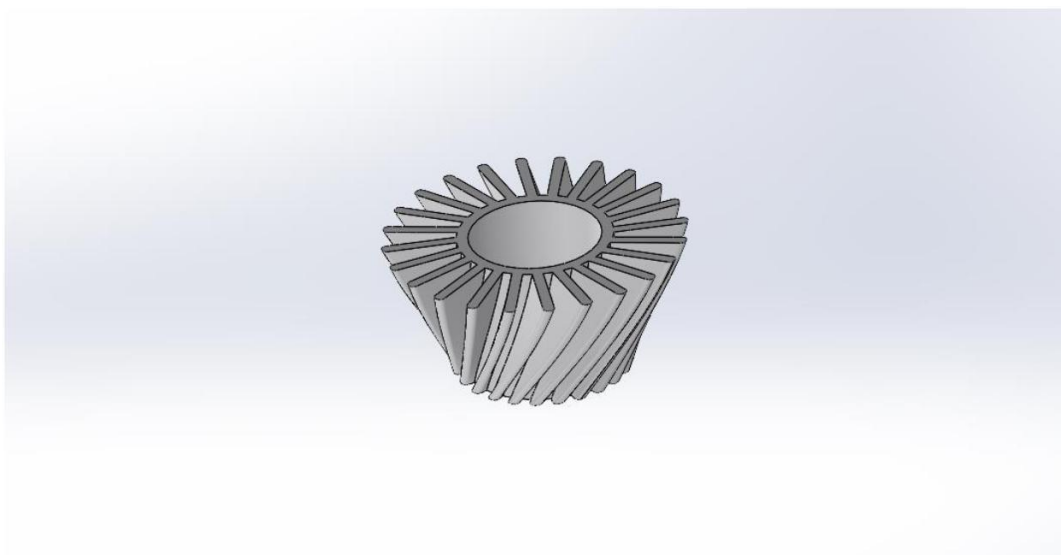


Figura 183 - Modelação do porta-velas em SolidWorks. Fonte: Rafael Rocha

Por último, para o desenvolvimento do centro de mesa, optou-se por não seguir um caminho formal tão semelhante às duas peças já desenvolvidas. Partindo-se da pesquisa das dimensões usuais deste tipo de peças, concluiu-se que esta deveria tomar aproximadamente um diâmetro de 300 mm e uma altura de 120 mm. A sua forma assenta num tronco de cone com o diâmetro maior de 288 mm e o menor de 161,87 mm separados por uma altura de 120 mm tendo se aplicado o mesmo efeito que nas peças anteriores, onde foram criados diferentes perfis unidos através da função *Loft* (figura 184) e conforme modelado digitalmente (figura 185).

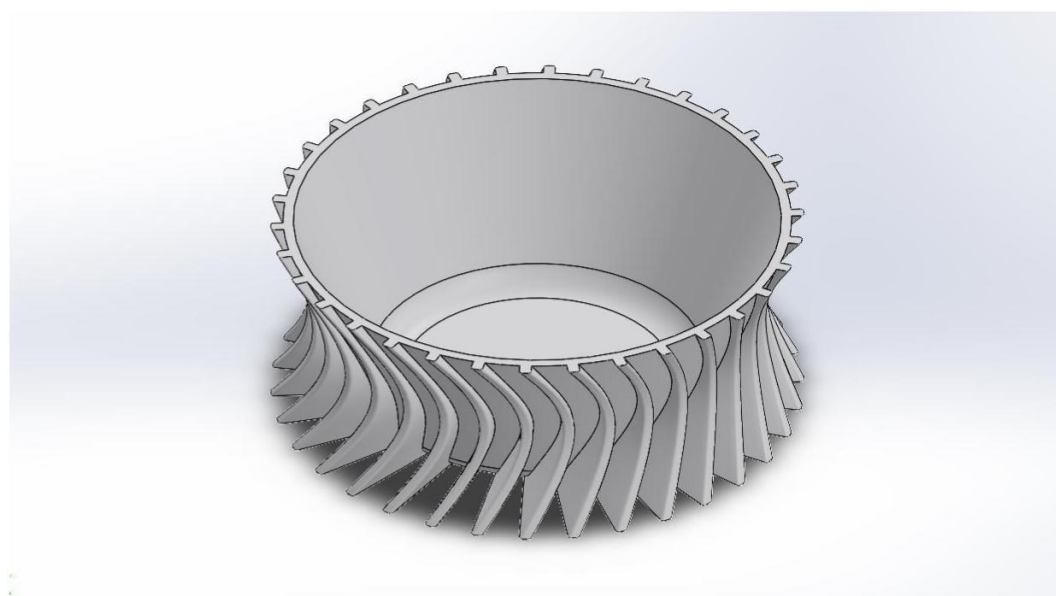


Figura 184 - Modelação do centro de mesa em SolidWorks. Fonte: Rafael Rocha



Figura 185 Renders das peças desenvolvidas em SolidWorks: jarra, porta-velas e centro de mesa. Fonte: Rafael Rocha

7.7.2 Desenho técnico

Com a modelação digital das peças foi possível extrair os desenhos técnicos, apresentando as diferentes dimensões que o protótipo ira tomar (figuras 186, 187 e 188). E em maior detalhe nos apêndices 29, 30 e 31.

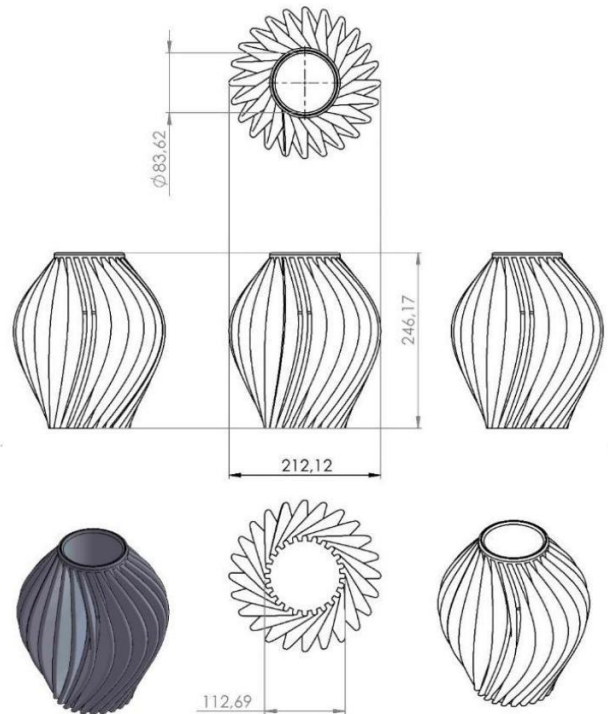


Figura 186 Desenho técnico da jarra. Fonte: Rafael Rocha

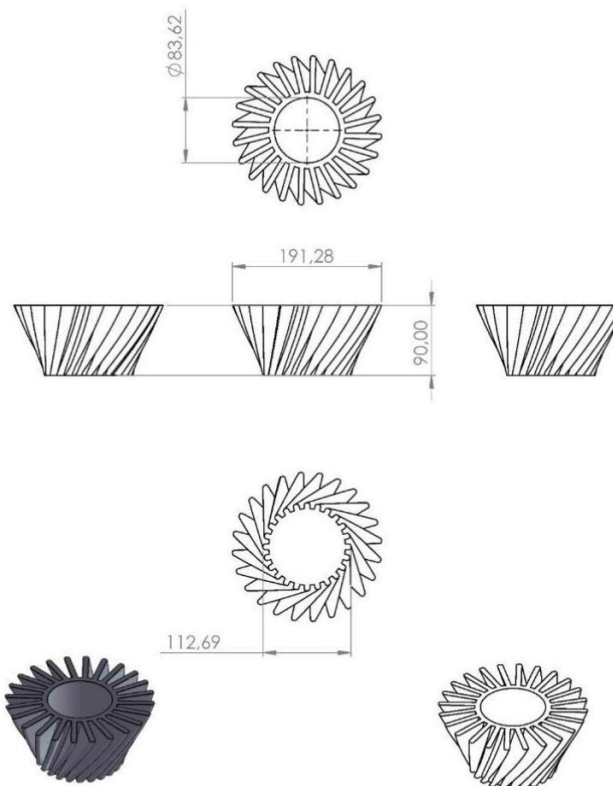


Figura 187 Desenho técnico do porta-velas. Fonte: Rafael Rocha

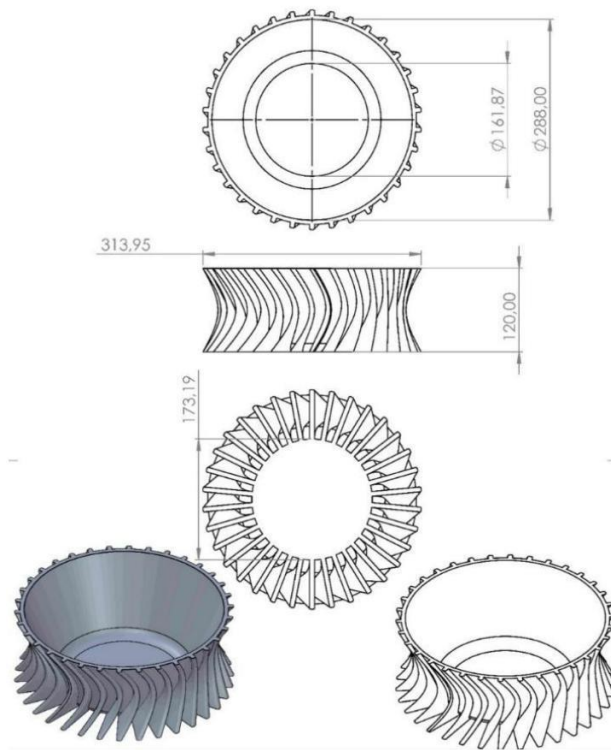


Figura 188 - Desenho técnico do centro de mesa. Fonte: Rafael Rocha

7.8 Execução

7.8.1 Prototipagem

A fase de materialização deste projeto, contou com a colaboração do IDEGUI - Instituto de Design de Guimarães, e do Mestre Samuel Ribeiro que se disponibilizou para auxiliar na produção dos protótipos.

Sendo as tecnologias de manufatura aditiva também conhecidas por tecnologias de prototipagem rápida, esta fase do projeto acabou por ser a que menos tempo demorou já que o processo é igual em todas as peças. Numa primeira abordagem, após concluída a fase de modelação, iniciou-se a preparação dos ficheiros para a impressora 3D onde o objeto é “Fatiado” em diferentes camadas a que são atribuídas as coordenadas que a cabeça de extrusão usa para se deslocar nos planos de impressão.

Esta primeira análise não revelou nenhum problema para a impressora utilizada já que foram projetadas para uma impressora de menor qualidade, onde os possíveis erros que poderiam acontecer já tinham sido pensados e solucionados na fase de modelação. Portanto, tendo em conta que o projeto seria materializado por uma impressora de carácter industrial, partiu-se do princípio de que as impressões seriam bem-sucedidas.

A impressora utilizada foi uma Lutum v4.3 XML que possui um volume de impressão de 430 x 450 x 800 mm e onde a pasta cerâmica foi extrudida por ar comprimido.

Com os ficheiros preparados inicia-se o enchimento do depósito da pasta cerâmica. O material utilizado foi o grés (referência 130), que foi o indicado pelo Mestre Samuel Pereira, considerado o mais adequado para este tipo de impressão. Com os ficheiros e matéria-prima preparados deu-se início às impressões (ver figuras 189-192).



Figura 189 Impressão da primeira camada do centro de mesa Fonte: Rafael Rocha

Após impressas as peças foram colocadas numa estufa, modelo Memmert Universal Oven UFE 500, a cerca de 110°C durante 24 horas, com o objetivo de secar adequadamente as peças.



Figura 190 Protótipo do porta-velas Fonte: Rafael Rocha



Figura 191 Protótipo do centro de mesa Fonte: Rafael Rocha



Figura 192 Protótipo da jarra Fonte: Rafael Rocha

Depois de secas, as peças foram colocadas num forno KILPER KILN EB220, até atingirem os 1000°C, obtendo-se no final as peças chacotadas (primeira cozedura das peças impressas, figura 193).



Figura 193 Protótipos da jarra, porta-velas e centro de mesa após a primeira cozedura Fonte: Rafael Rocha

Após esta primeira cozedura procedeu-se ao processo de vidragem das peças. Neste processo um dos principais objetivos era o de desenvolver uma maior coesão entre as duas culturas trabalhadas em torno do projeto e, em simultâneo, ter a oportunidade de poder experimentar e compreender o comportamento do vidrado em peças com uma textura superficial particular, evidenciada nas figuras anteriores.

A cor escolhida para o vidrado foi o azul-cobalto, a cor em maior destaque na Louça de Viana, adicionado na sua forma de óxido (corante cerâmico) numa concentração de 2,5% em peso a um vidrado transparente, permitindo obter deste modo um aspeto brilhante após cozedura (ver testes preliminares na figura 194).



Figura 194 Amostra de vidrado azul-cobalto transparente Fonte: Rafael Rocha

Por só se possuir um exemplar de cada peça, o processo de vidragem passou por um análise prévia, de forma a estudar o melhor efeito final pretendido com a vidragem de cada uma das peças. A definição dos parâmetros de vidragem (quantidade de vidro, pressão de pulverização e *degradê*) e a quantidade de superfície a vidrar (deixando uma parte da peça sem vidrado, o que permite manter a cor e textura do grés), tiveram também em conta esse efeito final, ver exemplos nas figuras 195-197. Em contraste, na vidragem do interior das peças optou-se por uma vidração de toda a superfície disponível (ver figuras 198-200).

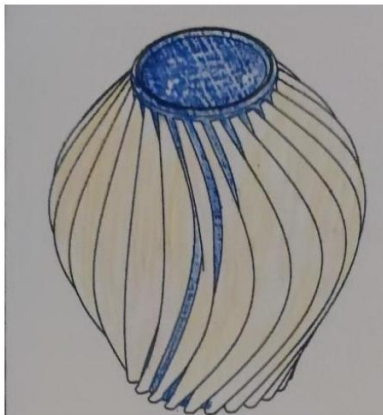


Figura 195 Exemplo de vidragem com vidrado no interior. Fonte: Rafael Rocha



Figura 196 Exemplo de vidragem com degradê na zona inferior da peça. Fonte: Rafael Rocha



Figura 197 Exemplo de vidragem com vidrado no interior e degradê na zona superior da peça. Fonte: Rafael Rocha

Após selecionado o modo como se iria vidrar as peças, teve início o processo de vidragem. Nas superfícies interiores de cada uma das peças verteu-se o vidrado (na forma de suspensão líquida) o que permitiu obter no final um aspeto homogéneo, enquanto que nas superfícies exteriores utilizou-se a vidragem por pulverização (à pistola) obtendo-se assim o *degradê* desejado (figura 198).



Figura 198 Processo de vidragem a pistola da jarra. Fonte: Rafael Rocha

Com o vidrado aplicado seguiu-se à segunda cozedura que foi realizada a uma temperatura máxima de 1240°C (ver enforna das três peças na figura 199). Concretizando-se assim a fase de prototipagem das peças, cujo efeito final pode ser observado na figura 200.



Figura 199 Colocação das peças no forno. Fonte: Rafael Rocha



Figura 200 Resultado final da prototipagem. Fonte: Rafael Rocha

Memoria descritiva

Esta linha é composta por uma jarra, um porta-velas e um centro de mesa e pode ser utilizada em ambientes de sala de estar, sala de jantar, *hall* de entrada e quarto essencialmente.

A jarra possui uma altura de 246mm e relativamente à sua silhueta esta assemelha-se à de um pote atingindo um diâmetro máximo de 212mm e em todo o seu redor existem placas de aspeto ondulado.

O porta-velas tomou baseou-se no formato da jarra sendo a sua forma igual até à altura de 90mm, altura máxima da peça, mas com um orifício de 83mm de diâmetro para a colocação de uma vela.

Para o centro de mesa utilizou-se a forma da jarra como ponto de partida, mas neste caso reduziu-se a sua altura para 120mm e alterou-se o seu orifício de um cilindro para um cone cortado, com um diâmetro superior de 313mm e inferior de 161mm.

Memoria justificativa

Existem duas componentes base para a realização desta linha: a Louça de Viana e, particularmente, o pote de botica (Figura 137) como uma das fontes de inspiração por ser um dos símbolos do início da produção desta louça regional, e a espoja-do-mar *Haliclona oculata* (Figura 177) devido a fluidez das suas formas que proporcionaram uma maior liberdade para a simbiose.

Relativamente às dimensões utilizadas estas no caso da jarra basearam-se nas dimensões originais do pote de botica, tendo as restantes peças sido trabalhadas a partir da jarra aplicando as dimensões mais comuns tanto no porta-velas como no centro de mesa.

Relativamente à vidragem optou-se por criar um contraste tanto de cor como de textura, ao utilizar o azul-cobalto como cor do vidrado este permitiu remeter tanto para a Louça de Viana por ser uma das cores mais presentes em todos os seus períodos e simultaneamente remeter para o mar, contrastando com a cor e textura do grés remetendo para a reia presente ao longo da costa marítima, reforçando assim a ligação das peças com a Louça de Viana e a costa marítima de Viana do Castelo.

7.9 Fotografia dos protótipos



Figura 201 Jara, porta-velas e centro de mesa em contexto de utilização Fonte: Rafael Rocha



Figura 202 Jarra em contexto de utilização Fonte: Rafael Rocha



Figura 203 Porta-velas em contexto de utilização Fonte: Rafael Rocha



Figura 204 Centro de mesa em contexto de utilização Fonte: Rafael Rocha

8 Conclusões e perspectivas futuras

Esta investigação teve como principal objetivo o desenvolvimento de um conjunto de produtos cerâmicos suportado pela utilização de tecnologias de manufatura aditiva. Combinando a cultura natural e material de Viana do Castelo com a impressão 3D, julga-se ter sido possível criar uma nova abordagem ao design de uma linha de cerâmica utilitária.

A opção pelo desenvolvimento de um projeto de mestrado mostrou-se como uma mais-valia, já que possibilitou uma maior envolvência projetual e de aplicação prática algo muito presado no Mestrado em Design Integrado do Instituto Politécnico de Viana do Castelo. Ao mesmo tempo, enquanto designer, criou-se a oportunidade de desenvolver uma linha de produtos de autor, que conferiu a aquisição de novos conhecimentos não só na área do design, mas também na área das tecnologias envolvidas na investigação.

Numa primeira fase desta investigação, onde o principal objetivo era a procura de conhecimento na área da manufatura aditiva e do design cerâmico, utilizou-se uma metodologia não-intervencionista, o que acabou por representar uma falta de variedade de fontes de informação estando somente centradas na pesquisa bibliográfica, deixando de parte outros métodos de procura de conhecimento como entrevistas que se poderiam ter realizado ao Museu de Artes Decorativas de Viana do Castelo para a vertente da Louça de Viana ou ao CMIA-Centro de Monitorização e Interpretação Ambiental para a vertente da fauna e flora da costa marítima de Viana do Castelo.

A análise de diferentes linhas de cerâmica permitiu conhecer como as diferentes peças funcionam em conjunto e que pontos têm em comum, servindo assim de base para o desenvolvimento dos diferentes constituintes desta linha.

Apesar da impressão 3D ter sido focada na utilização de materiais cerâmicos, achou-se pertinente conhecer outros tipos de tecnologias de manufatura aditiva que se podem encontrar no mercado e compreender até que ponto esses equipamentos podem desempenhar um papel importante no desenvolvimento de um projeto de design de produtos.

Importante também, foi conhecer de forma aprofundada o conceito de Indústria 4.0, onde as tecnologias de manufatura aditiva estão incluídas permitindo assim uma maior visão sobre as novas abordagens lideradas pelas indústrias.

Apesar do mestrando ser natural de Viana do Castelo, tanto o estudo sobre a louça de Viana, como o da fauna e flora da costa marítima, deram a oportunidade de conhecer com maior profundidade estes temas ligados à cidade e desenvolver uma linha de produtos que visa celebrar estas duas culturas: a material e a natural.

Também com a união destas duas culturas procurou-se criar uma oportunidade de consciencialização para as ameaças que ambas enfrentam podendo se tornar um fator revitalizador.

Uma das maiores conclusões sobre a manufatura aditiva cerâmica é que esta não tem de todo pretensão de substituir os métodos tradicionais utilizados para a produção de produtos cerâmicos, mas sim de trazer uma nova forma de criar, uma forma de poder dar forma a conceitos que, há alguns anos atrás, seriam impossíveis de materializar.

A principal limitação encontrada durante esta investigação foi levantada pelas restrições relacionadas com a pandemia de COVID-19, tendo inicialmente impedido a procura de uma entidade que pudesse auxiliar na materialização deste projeto. Contudo, e ao mesmo tempo, abriu uma janela de oportunidade para o desenvolvimento e construção de uma impressora 3D. O desenvolvimento desta máquina para impressão de cerâmica e materialização do projeto, acabou por se revelar uma grande fonte de novos conhecimentos. No entanto foi necessário um grande investimento de recursos e de tempo acabando por ter uma maior dimensão do que o próprio projeto desenvolvido. Pôde-se também concluir que se a impressora desenvolvida tivesse funcionado como esperado, a materialização desta linha sofreria várias alterações nomeadamente no volume de impressão que seria bastante menor ao utilizado e em relação à qualidade de impressão que também iria sofrer um decréscimo devido a fraca qualidade dos componentes utilizados.

No futuro procurar-se-á resolver os problemas que surgiram, acima de tudo com a impressora 3D, e a partir daí continuar a exploração sobre formas que se poderão imprimir, materiais que se poderão utilizar e paletas cromáticas que poderão ser utilizadas. Dado o seu carácter inovador esta tecnologia poderá dar também oportunidade de criação de um negócio num mercado pouco explorado em Portugal.

Bibliografia

Angelopoulou, S. (2018). 3D-printed porcelain vases by olivier van herpt in blue and white. Designboom. Acedido a 29/11/2021, em <https://www.designboom.com/design/3d-printed-porcelain-vases-olivier-van-herpt-blue-white-vivid-galerie-06-15-2018/>

Aparo, E. (2010) A cultura cerâmica no design da joalharia portuguesa. Universidade de Aveiro. Acedido a 12/07/2020 em <https://ria.ua.pt/handle/10773/3688>;

Aparo, E., Moreira da Silva, F., & Soares, L. (2017). Either/or: reflecting design thesis orientation . DS 88: Proceedings of the 19th International Conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE17),

Ashaboglu, S. (2016). Object of the Moment: Solid Vibration by Ricky van Broekhoven and Olivier van Herpt. architectmagazine. Acedido a 29/11/2021, em https://www.architectmagazine.com/technology/products/object-of-the-moment-solid-vibration-by-ricky-van-broekhoven-and-olivier-van-herpt_o

Aysha, M. (2020). What impact does 3D printing have on the world of cinema? 3Dnatives. Acedido a 05/11/2021, em <https://www.3dnatives.com/en/3d-printing-cinema-040820204/#>

Bahrin, M., Othman, M., Azli, N., & Talib, M. (2016, June 28). INDUSTRY 4.0: A REVIEW ON INDUSTRIAL AUTOMATION AND ROBOTIC. Jurnal Teknologi, 6-13. <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>

Barba-Court, K. (2019). LAURA ITKONEN CRAFTS VESSELS TOPPED WITH PUNCHY SCULPTURAL ELEMENTS. Plain Magazine. Barba-Court (2019) Acedido em 10/04/2022, em <https://plainmagazine.com/laura-itkonen-sculptural-series/>

Bauman, Z. (2000). "LIQUID MODERNITY". USA: Polity Press.

Brown, T. (2009) Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation, Nova Iorque: Harper Collins;

Byron, H (2000) Biodiversity and Environmental Impact Assessment: A Good Practice Guide for Road Schemes. The RSPB, WWF-UK, English Nature and the Wildlife Trusts, Sandy.

Caula, R. (2012). tamsin van essen: vanitas vanitatum vases. Designboom. Acedido a 10/04/202, em <https://www.designboom.com/design/tamsin-van-essen-vanitas-vanitatum-vases/>

Crook, L. (2020). Egg Vessels by Mari JJ Design act as "conversation pieces". Dezeen. Acedido a 10/04/2020, em <https://www.dezeen.com/2020/04/28/mari-jj-design-designs-egg-vessels-ventura-projects-vdf/ventura-projects-vdf/>

Cross, N. (2006) Designerly Ways of Knowing, Londres: Springer

Cruz, T. (2019). Análise Exploratória da Aplicabilidade da Realidade Aumentada em Diferentes Ambientes [Dissertação de Mestrado, UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR]. https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/10176/1/7230_15337.pdf

Cunha, A. (2015). O GENIUS LOCI DAS LAGOAS DE BERTIANDOS E DE S. PEDRO D'ARCOS NO DESIGN DE BIOJOIAS [Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Viana do Castelo]. http://repositorio.ipv.pt/bitstream/20.500.11960/1743/1/Andreia_Cunha.pdf

Dezeen. (2021). Lines tableware collection by NJRD., acedida a 10/04/1997, em <https://www.dezeen.com/2021/01/20/njrd-lines-tableware-bernadotte-kylberg-dezeen-showroom/>

Domingos, T., & Vieira, R. (2021). Limites Ecológicos. O Impacte intergeracional do Uso de Recursos Naturais. Fundação Kaulust Goulbenkian., em https://gulbenkian.pt/de-hoje-para-amanha/wpcontent/uploads/sites/46/2021/11/JI_LimitesEcologicos_PT_web.pdf

Dragu, A. (2018). How are Product Designers Using 3D Printing? 3DUNIVERSE. Acedido a 05/11/2021, em <https://3duniverse.org/2018/10/15/product-designers-using-3d-printing/>

Evert-Jan, P. (2018). Geprint porselein, primeur Gemeentemuseum Den Haag. Digitale Kunstkrant. Acedido em 20/11/2021 em: <https://www.digitalekunstkrant.nl/2018/01/10/geprint-porselein-primeur-gemeentemuseum-haag/>

Gessato. (n.d.). THE SAFA COLLECTION BY PAOLA PARONETTO. Acedido a 10/04/2022, em <https://www.gessato.com/safa-collection-paola-paronetto/>

Giff, C., Gangula, B., & Illinda, P. (2014). 3D opportunity in the automotive industry [Ebook] (p. 8). Deloitte University Press. Acedido a 20/04/2021, em

https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/additive-manufacturing-3d-opportunity-in-automotive/DUP_707-3D-Opportunity-Auto-Industry_MASTER.pdf

Gomes, P., & Leal, H. (2010). Biodiversidade em espaços naturais de Viana do Castelo. Câmara Municipal de Viana do Castelo/ Centro de Monitorização e Interpretação Ambiental.
https://issuu.com/centrodemar/docs/biodiversidade__catalogopdf

Gonçalves, M. (2019). Drama Lisboa. E se os gregos tivessem inventado a impressora 3D? Observador. Acedido a 27/11/2021, em <https://observador.pt/2019/03/28/drama-lisboa-e-se-os-gregos-tivessem-inventado-a-impressora-3d/>

Gwatkin, F. (s.d.). Fred Gwatkin Ceramics. Acedido a 27/11/2021, em <https://www.fredgwatkin.com/about>

Henry, K. (2012) Drawing for Product Designers. Londres: Laurence King;

How Greg Morris created the 3D printed nozzle for GE's LEAP engine. (2017). 3D Printing Media Network. Acedido em 11/03/2021, em <https://www.3dprintingmedia.network/ge-reveals-greg-morris-created-3d-printed-nozzle-leap-jet-engine/>

Hsuan-Na, T. (2018) Design: conceitos e métodos. São Paulo: Blucher;

J, C. (2020). Guia de campo dos espaços naturais de Viana do Castelo. Litoral. Município de Viana do Castelo.

JetClay. "OLLA" Clay Pot. (s.d.). Retrieved Acedido a 27/11/2021, em https://jetclay.com/project/olla_claypot

Jones, J. (1992) Design Methods. Nova Iorque: John Wiley & Sons;

Junqueiro, L. (2019). Industry 4.0 Concepts in Construction Industry Automation and Control Systems for Tower Cranes [Tese de Mestrado, Instituto Superior Técnico]

Lonjon, C. (2017). Discover the history of 3D printer. Acedido a 11/03/2021, em <https://www.sculpteo.com/blog/2017/03/01/whos-behind-the-three-main-3d-printing-technologies/>

Lovo, J. & Fortulan, C. (2017). ESTUDO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E ANISOTROPIA EM PEÇAS FABRICADAS POR MANUFATURA ADITIVA TIPO

FDM.

Em

https://www.researchgate.net/publication/321162555_ESTUDO_DE_PROPRIEDADES_MECANICAS_E_ANISOTROPIA_EM_PECAS_FABRICADAS_POR_MANUFATURA_ADITIVA_TIPO_FDM

Manzini, E.; Vezzoli, C. (2002) Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis, O: Os Requisitos Ambientais dos Produtos Industriais, EDUSP

Mendes, P. (2016). As relações públicas e a gestão de identidade: o caso Bordallo Pinheiro [Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Lisboa]. <https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/6840>

Michelle, J. (2018). Is the implementation of 3D printing in education a necessity? 3Dnatives. Acedido a 05/11/2021, em <https://www.3dnatives.com/en/3d-printing-in-education-290820184/#>

Novo, R. (2020). O processo criativo entre o design e a música no desenvolvimento de uma experiência veiculadora de cultura [Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Viana do Castelo]. Em <http://repositorio.ipv.pt/handle/20.500.11960/2484>

Plycelain. (2020). YUTING CHANG. Acedido a 10/04/2022, em <https://yuting.studio/Plycelain>

Pownall, A. (2019, December 24). Tiipoi creates ceramic kitchenware using technique from remote Indian village. Dezeen. Acedido a 10/04/2022, em <https://www.dezeen.com/2019/12/24/tiipoi-ceramics-mathew-sasa-design/>

Redwood, B., Schöffner, F., & Garret, B. (2017). The 3D Printing Handbook-Technologies, design and applications. 3D Hubs.

Reis, A. (2003). A Louça de Viana. Livros Horizonte.

Robertson, R. (2021). Milan Pekař on the Alchemy and Chemistry of Ceramics. Studio Feniche. Acedido em 10/04/2022, em <https://studiofenice.ch/milan-pekar-on-the-alchemy-and-chemistry-of-ceramics/>

Sacomano, J., Gonçalves, R., Bonilla, S., Silva, M., & Sátyro, W. (2018). Indústria 4.0: Conceitos e fundamentos (1º ed.). Blucher.

Schwab, K. (2015). The Fourth Industrial Revolution: What It Means and How to Respond. Foreign Affairs. Retrieved September 17, 2020, from <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>

Senda, S. (2015). Olivier van herpt's 3D printed ceramics at design academy eindhoven. Designboom. Acedido a 29/11/2021, em <https://www.designboom.com/design/olivier-van-herpt-3d-printed-ceramics-design-academy-eindhoven-eat-shit-milan-design-week-04-28-2015>

T.e. 225. (s.d.). Thomas Eyck. Acedido em 10/04/2022, em <https://www.thomaseyck.com/collection/thomas-eyck/te-225>

Thursd. (2021). Raili Keiv Lets Her Vases Dance. Acedido a 10/04/2022, em <https://thursd.com/articles/dancing-vase-by-raili-keiv>

Tino, R., Moore, R., Antoline, S., Ravi, P., Wake, N., Ionita, C., Morris, J., Decker, S., Sheikh, A., Rybicki, F., & Chepelev, L. (2020). COVID-19 and the role of 3D printing in medicine. BMC, research in progress. Acedido em 11/03/2021 em <https://threedmedprint.biomedcentral.com/articles/10.1186/s41205-020-00064-7>

Treggiden, K. (2014). Olivier van Herpt 3D-prints functional ceramic objects. Dezeen. Acedido a 27/11/2021, em <https://www.dezeen.com/2014/08/22/olivier-van-herpt-3d-printed-functional-ceramic-objects/>

Tucker, E. (2017). Olivier van Herpt designs 3D-printed clay vases based on latest COS fashion collection. Dezeen. Acedido a 28/11/2021, em <https://www.dezeen.com/2017/05/06/cos-x-olivier-van-herpt-3d-printed-clay-vases-homeware-design/>

Vilarinho, P., Duarte, P., Santos, A., Marinheiro, J., & Oliveira, J. (2020, July). Manufatura Aditiva: progressos e desafios. Técnica, 6.

Watkins, H. (2017). Project Aslan is a 3D Printed Sign Language Robot. All3DP. Acedido a 05/11/2021, em <https://all3dp.com/project-aslan-3d-printed-sign-language-robot/>

Yusuf, B. (2018). New Ceramic 3D Printed Jewelry from Nervous System. All3DP. Acedido a 05/11/2021, em <https://all3dp.com/new-ceramic-3d-printed-jewelry-from-nervous-system/>

Anexos

Parts List (excluding CNC and PLA parts)

As of 1 July 2018

Description	Qty
Stepper Motor NEMA 17 / 76oz-in link or link	3
Linear Steel Rods 12mm X 36in link	6
Linear bearings LM12UU (pack of 10) link	1
Rod Ends Traxxas 5347 (pack of 12) link	1
Aluminum Rods 12in x 8mm link	6
GT2 Belt 6mm width, per foot link	18
GT2 Pulleys Aluminum 20 teeth / 5mm link	3
RAMPS 1.4, drivers, Arduino Mega 2560 link	1
RepRap Smart Controller with SD card slot link	1
End Stops, mechanical link	3
Power Supply 12v DC 360W link	1
14 AWG 15A GND power cord (can come from old printer) link **	1
Power strip link (also serves as power switch) **	1
GT2 5mm Bore Toothless Idler Pulley link	3
SD Card (2gb or above) link **	1
Zipties 4mm nylon (pack of 100, need 50) link **	1
Zipties 2.5mm nylon (pack of 50, need 25) link **	1
Hex Bolts M5 x 0.8 mm Thread, 50 mm Long	3
Lock Nuts M5 x 0.8 mm Thread	3
Fender Washers for 5mm bolts (approx 1.25" OD maximum) *	6
Flat Head Phillips Screws #4 x 0.75" *	25
Hanger bolt 10-24 x 2" overall length (pack of 50) link *	1
#4 3/4" stainless steel machine screw *	5
#4 stainless steel hex nut *	5
#8 3/4" stainless steel machine screw *	3
#8 stainless steel hex nut *	3
<i>The following items are for ceramic/paste extrusion</i>	
Dispenser Canister 300CC w/ Luer Lock link	2
Dispenser Needles Luer Lock, (pack of 50) link	1
Pneumatic Pressure Regulator link **	1
Ball Valve 1/4" NPT female/female link **	1
1/4" Polyurethane pneumatic hose (25ft, but only need 3-5ft) link **	1
1/4" NPT hose fitting, male with barb for 1/4" hose *	1
1/4" NPT coupler quick disconnect male *	1
Hose clamps for 1/2" diameter or smaller *	2

*These items can be purchased at a local hardware store

**Equivalent or similar parts can be variously sourced

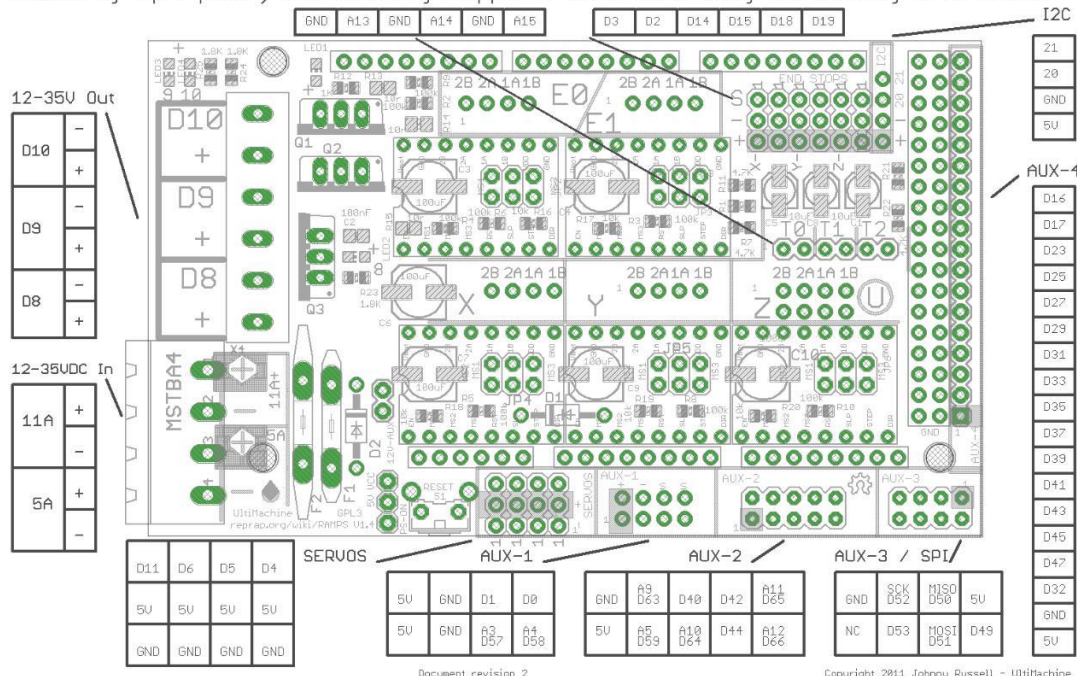
Anexo A Lista de componentes utilizados na impressora 3D de Bryan Czybes Fonte: thingiverse.com

Description	Qty
CNC Parts in UHMW Polyethylene, Aluminum, or Hardwood	
Canister Cap Front	1
Canister Cap Back	1
3D Printed Parts in PLA	
Zibes Auger	1
Plunger	1
Screw Guide	1
Screw Guide Mount	1
Alignment Spacers	6
3D Printed Parts in Steel (via Shapeways or similar)	
T10 Brass nut coupling	1

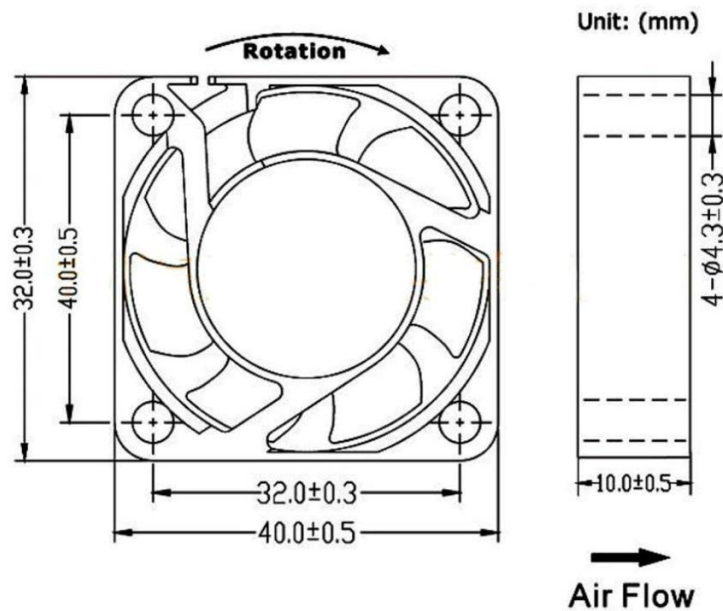
Description	Use	Qty	Each	Total
UHMW Polyethylene 12 x 12 x 1 link	Material to CNC canister caps	1	\$46.66	\$46.66
Threaded Steel Rods 3/8 - 16 X 24" long link	Connects caps to clay tube	4	\$3.03	\$12.12
Hex nuts 3/8 - 16 *	For threaded rods on caps	12	\$0.25	\$3.00
PVC Clear, Schedule 40 pipe 3" (need 16") link	Clay tube canister	1	\$58.40	\$58.40
Double Seal X ring 3" ID, 3 3/8" OD (pack of 10) link	Seals clay tube to caps	1	\$9.55	\$9.55
Polyethylene Tubing 1/2" OD (25ft length, need 22 inches) link	Feeds clay to auger	1	\$9.68	\$9.68
Push-to-Connect Tube Fitting for Air, 1/2" Tube OD, pack of 4	Connects tubing to caps	1	\$16.10	\$16.10
Stepper Motor NEMA 17 / 76oz-in link	Drives auger on printer effector	1	\$8.99	\$8.99
Socket Head Cap Screw, M3 x 10 mm Long (pack of 100, 4 needed) link	Attaches stepper motor to 3d printed auger part	1	\$4.53	\$4.53
Luer Lock Adapter, Male Luer Lock to 1/4" NPT(M) link	Screws to bottom of auger	2	\$1.75	\$3.50
Flexible Coupling 5mm x 5mm link	Connects stepper to screw	1	\$6.59	\$6.59
LedgerLok 5 in. screw (pack of 12, need 1 at a time) link **	Screw in auger housing	1	\$15.23	\$15.23
10mm T10x2 Trapezoidal ACME Lead Screw 500mm w/ Brass Nut link	Pushes Plunger in clay tube canister, brass	1	\$17.43	\$17.43
ZYLtech Brass Nut T10 link	Attaches to 3d printed coupling	1	\$6.39	\$6.39
T10 Brass nut coupling	If printed at Shapeways	1	\$28.71	\$28.71
18-8 Stainless Steel Hex Drive Flat Head Screw, 6-32, 5/16" Long (100, need 4) link	Screws used to connect brass nut to 3d printed coupling	1	\$4.04	\$4.04
24V DC 14.6A 350W Regulated Switching Power Supply link	NEMA 23/driver requires 24v	1	\$17.95	\$17.95
Stepper Motor Driver 1.0-4.2A 20-50VDC for Nema 23 link	For NEMA 23 motor	1	\$25.91	\$25.91
NEMA23 30:1 RV30 Worm Gearbox, w/ Stepper Motor link	Drives T10 screw/brass nut	1	\$94.79	\$94.79
Dupont Cables, 40cm, pack of link	Connect Stepper Driver to RAMPS and extends runout sensor	1	\$2.99	\$2.99
Mechanical Endstop Switch, pack of 3 or similar (need 1) link	For runout sensor in Screw guide mount	1		\$1.00
Aluminum Hollow Square Tube 7/8" I.D. x 1" O.D. 1/16" Wall 72" (need 16") link	Guide for T10 screw	1	\$19.96	\$19.96
TOTAL				\$389.57

Anexo B Lista de componentes utilizados na extrusora de Bryan Czybes Fonte: thingiverse.com

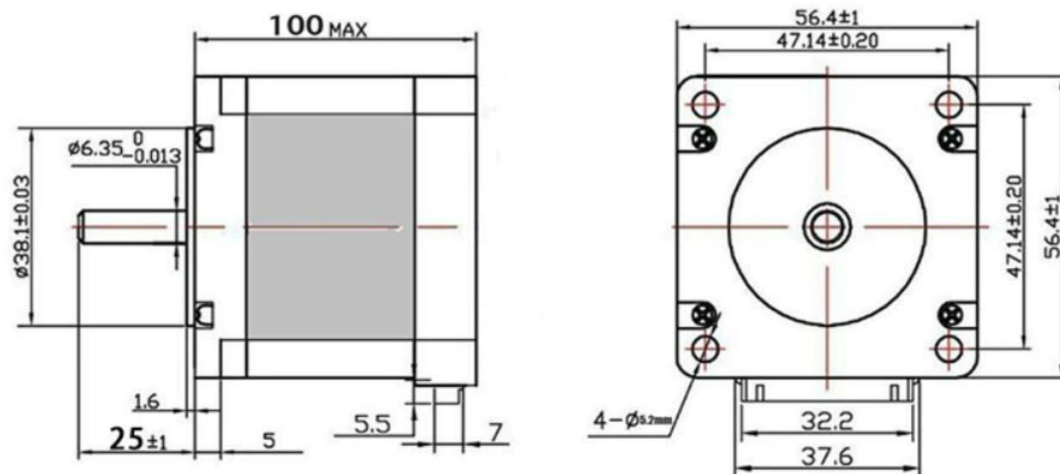
Reversing input power, and inserting stepper drivers incorrectly will destroy electronics.



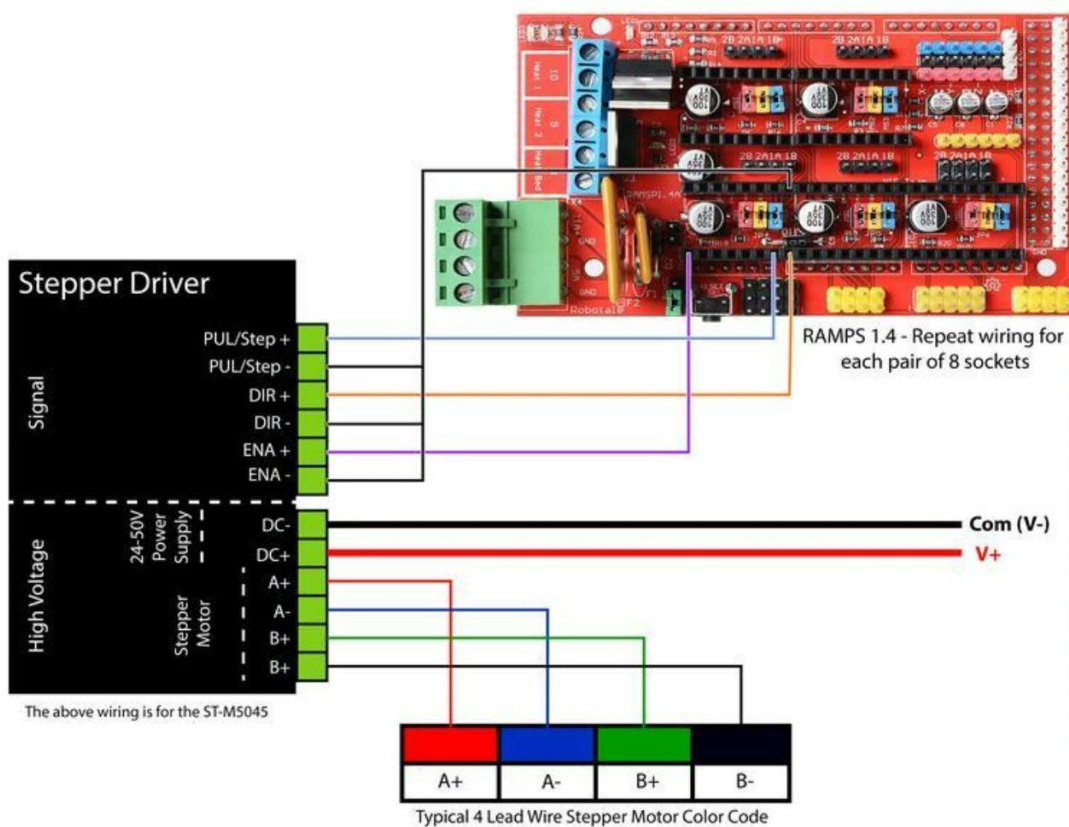
Anexo C Esquema da placa Ramps 1.4 Fonte: osoyoo.com



Anexo D Desenho técnico da ventoinha do suporte da placa Ramps 1.4 Fonte: aliexpress.com



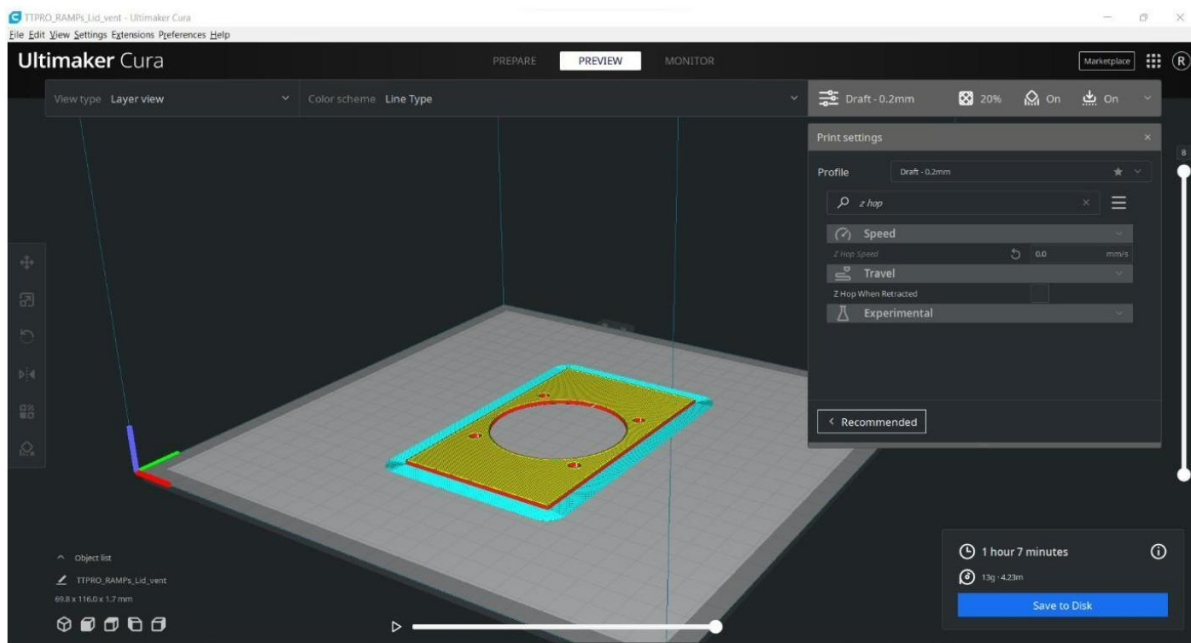
Anexo E Desenho técnico do motor Nema 23 Fonte: aliexpress.com



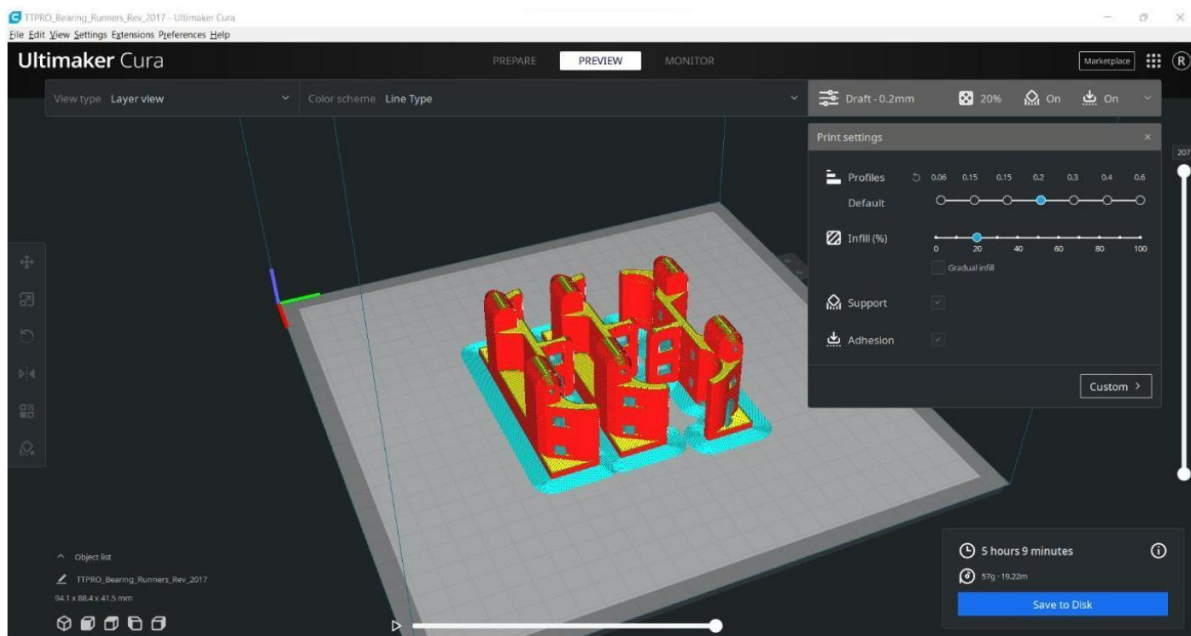
Anexo F Esquema de ligações do Motor 23 com a placa Ramps 1.4 Fonte: github.com

Documentos consultados pelo autor e importa anexar ao relatório (normas, catálogos, artigos, etc)

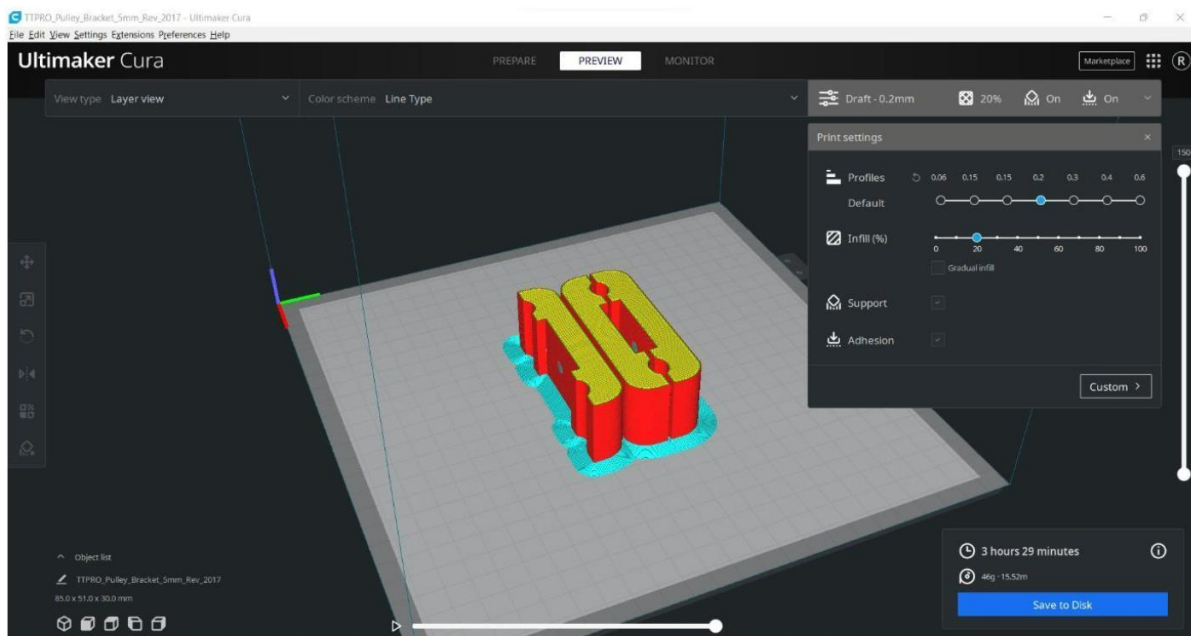
Apêndices



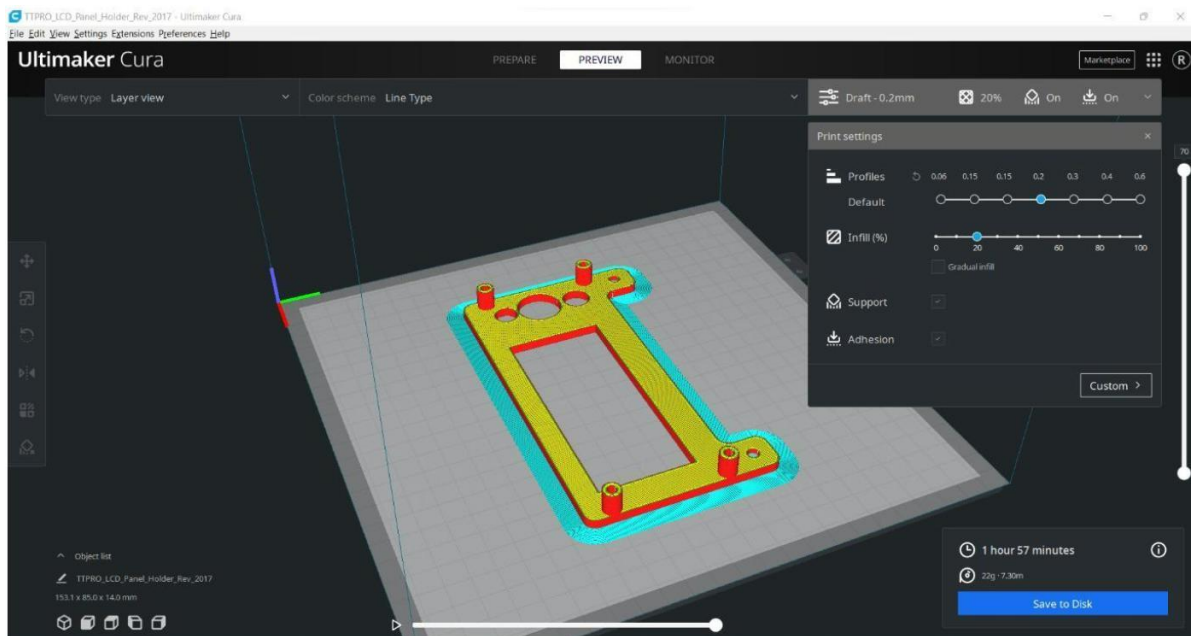
Apêndice 1 Slicing da tampa do suporte do modulo eletronico Fonte: Rafael Rocha



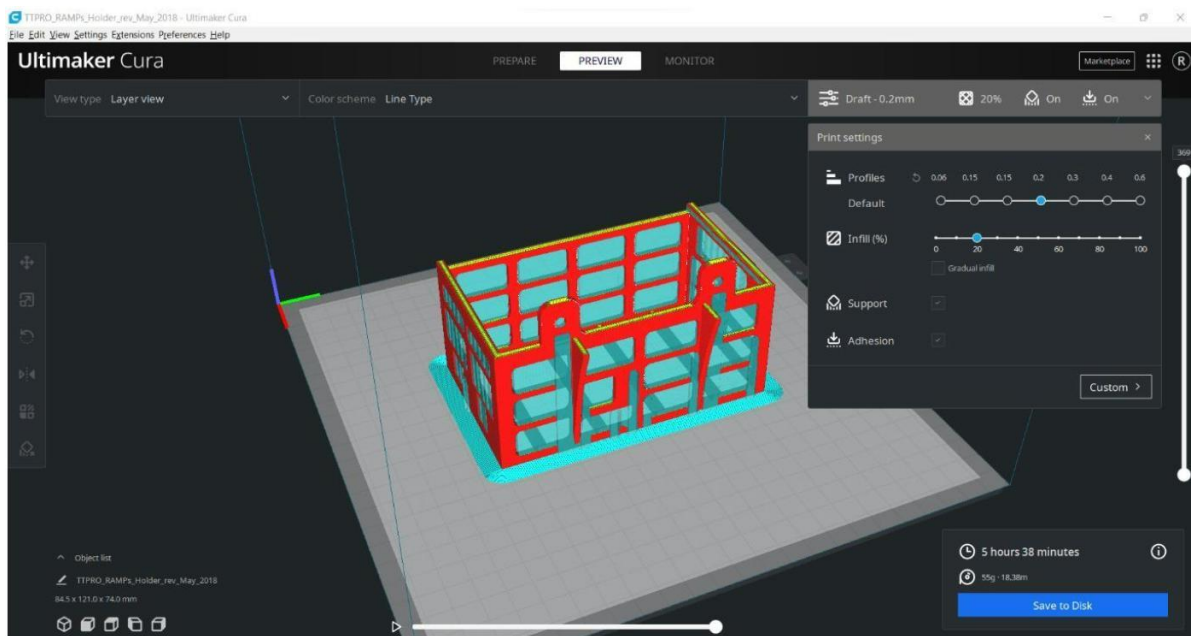
Apêndice 2 Slicing dos corredores de rolamentos Fonte: Rafael Rocha



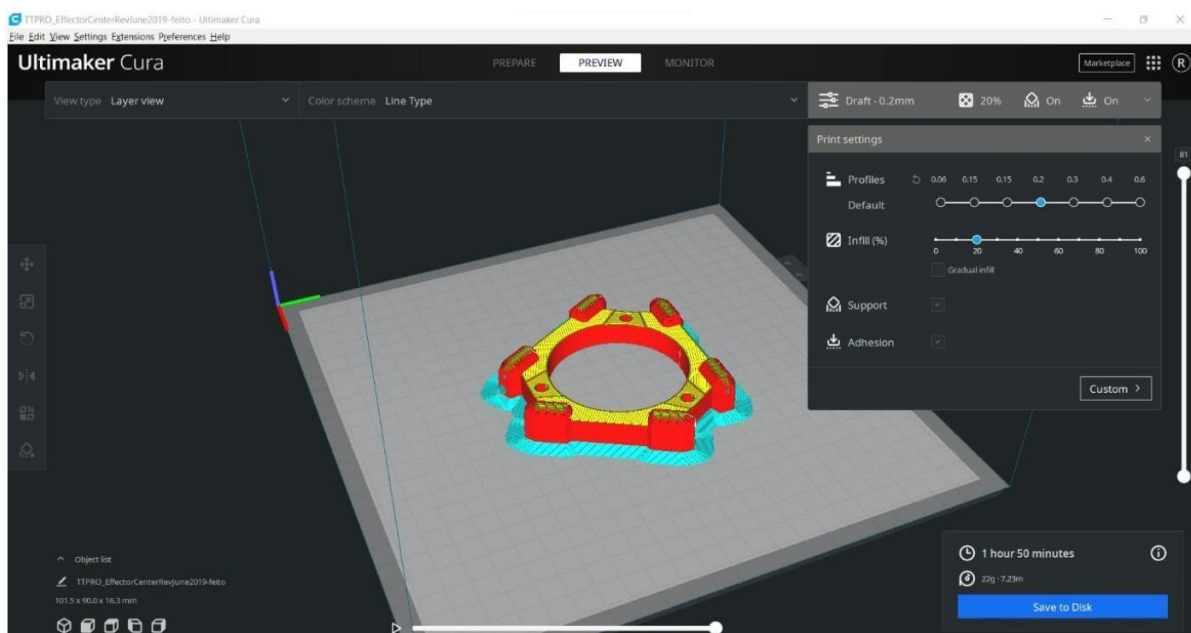
Apêndice 3 Slicing do suporte da polia Fonte: Rafael Rocha



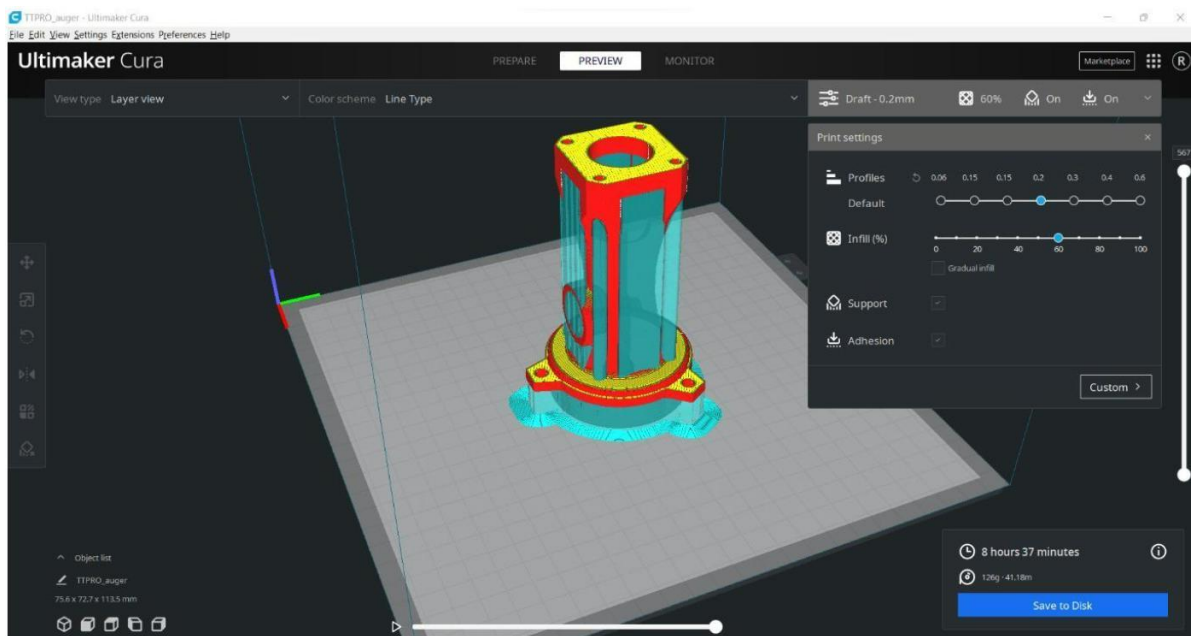
Apêndice 4 Slicing do Suporte do painel LCD Fonte: Rafael Rocha



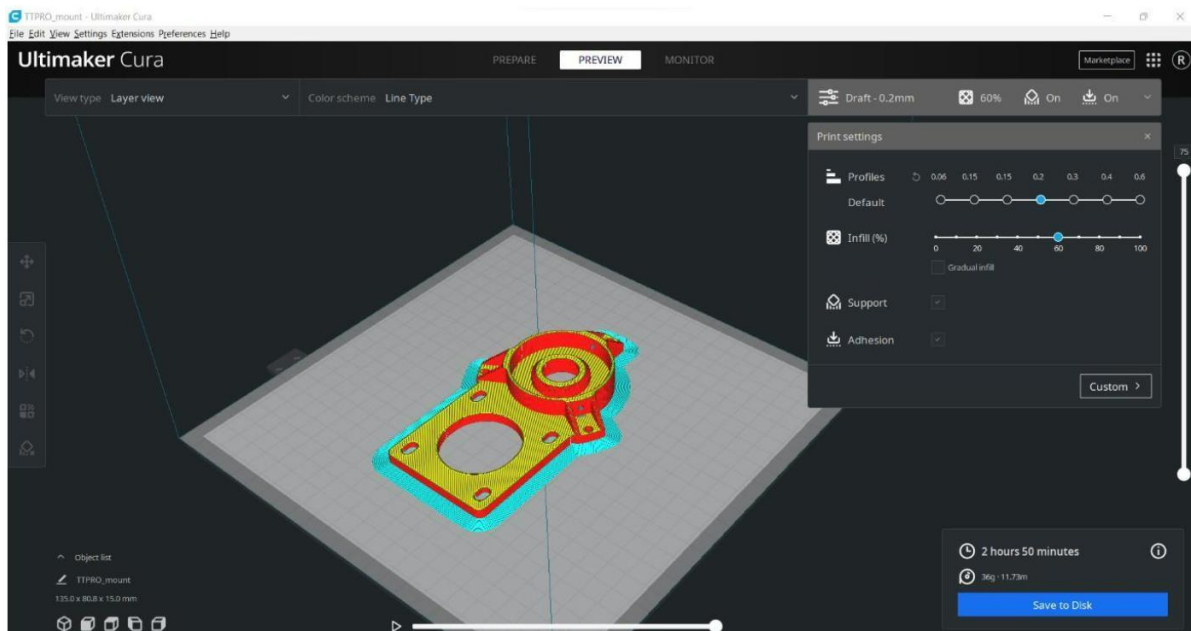
Apêndice 5 Slicing do suporte do modulo eletrônico Fonte:Rafael Rocha



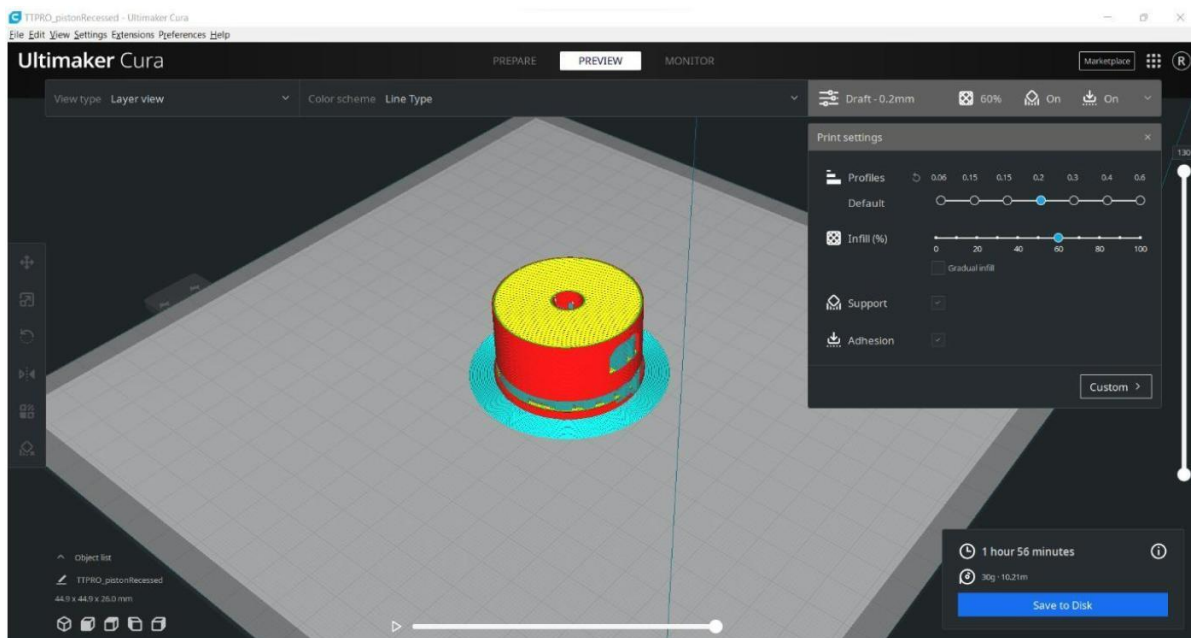
Apêndice 6 Slicing do suporte da cabeça de extrusão Fonte:Rafael Rocha



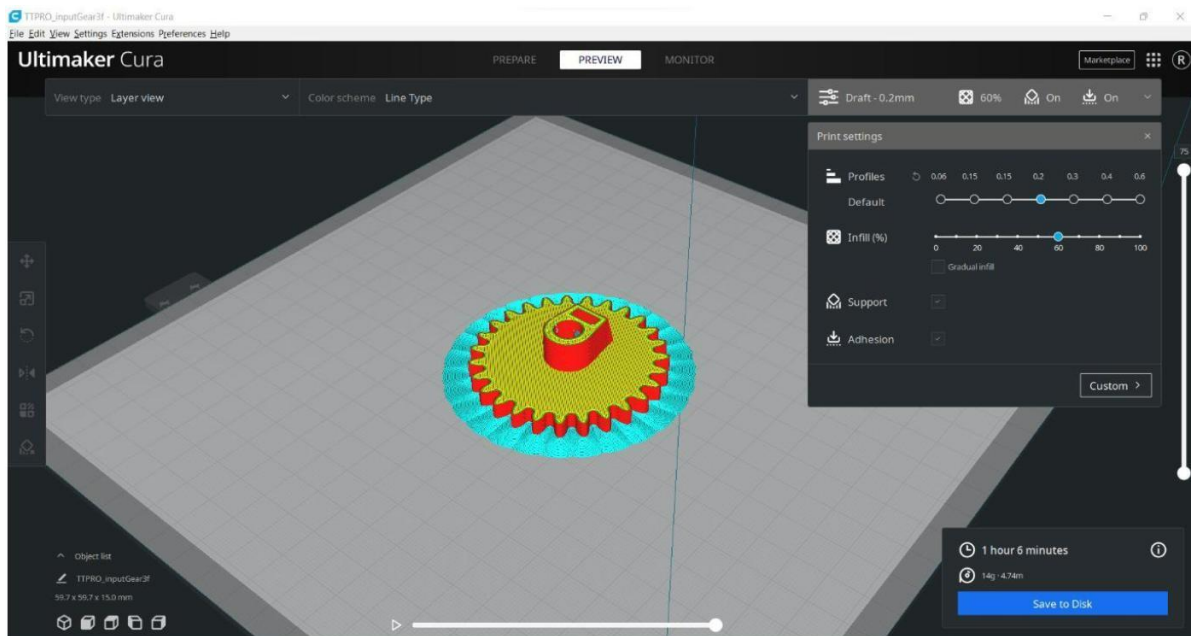
Apêndice 7 Slicing da cabeça de extrusão Fonte: Rafael Rocha



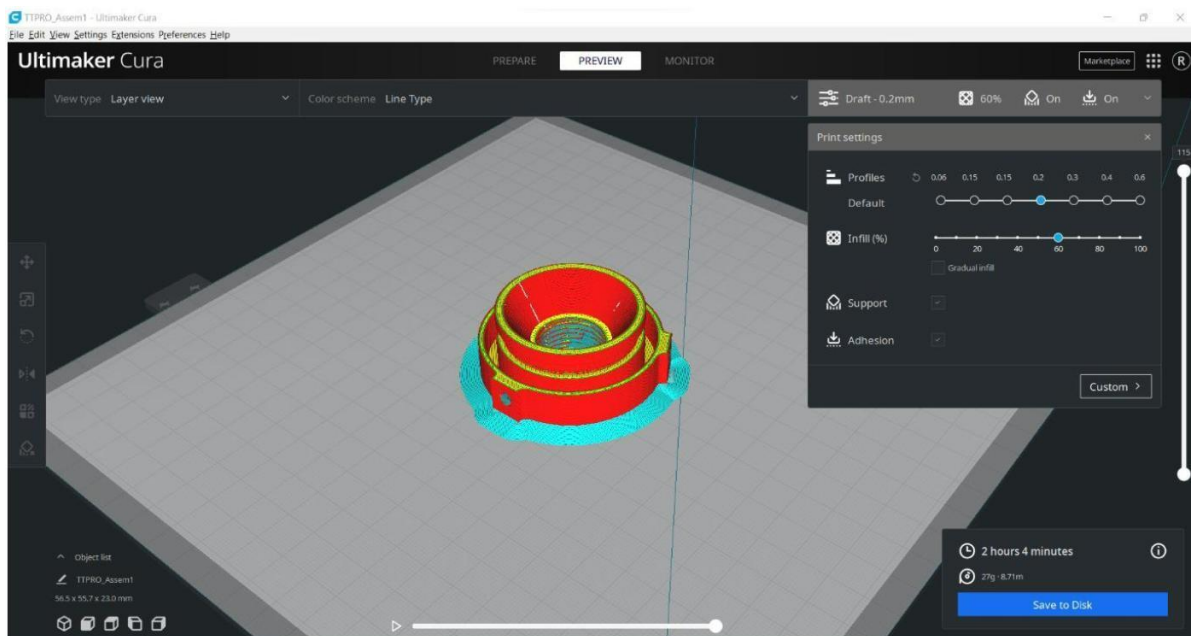
Apêndice 8 Slicing do suporte do motor Fonte: Rafael Rocha



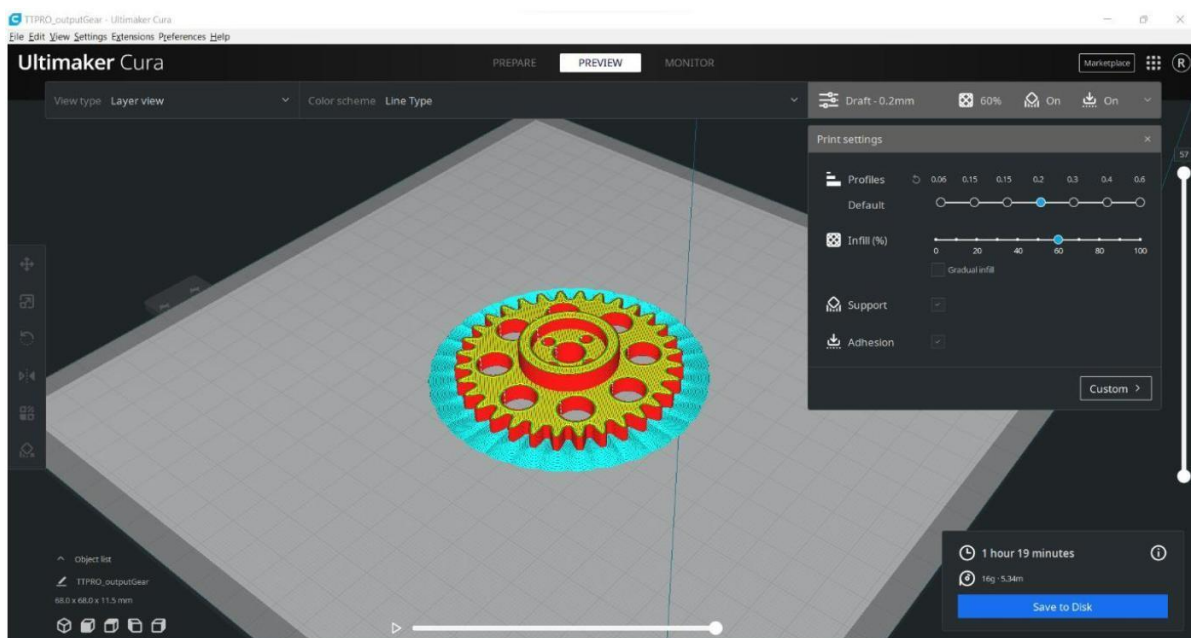
Apêndice 9 Slicing do pistão Fonte: Rafael Rocha



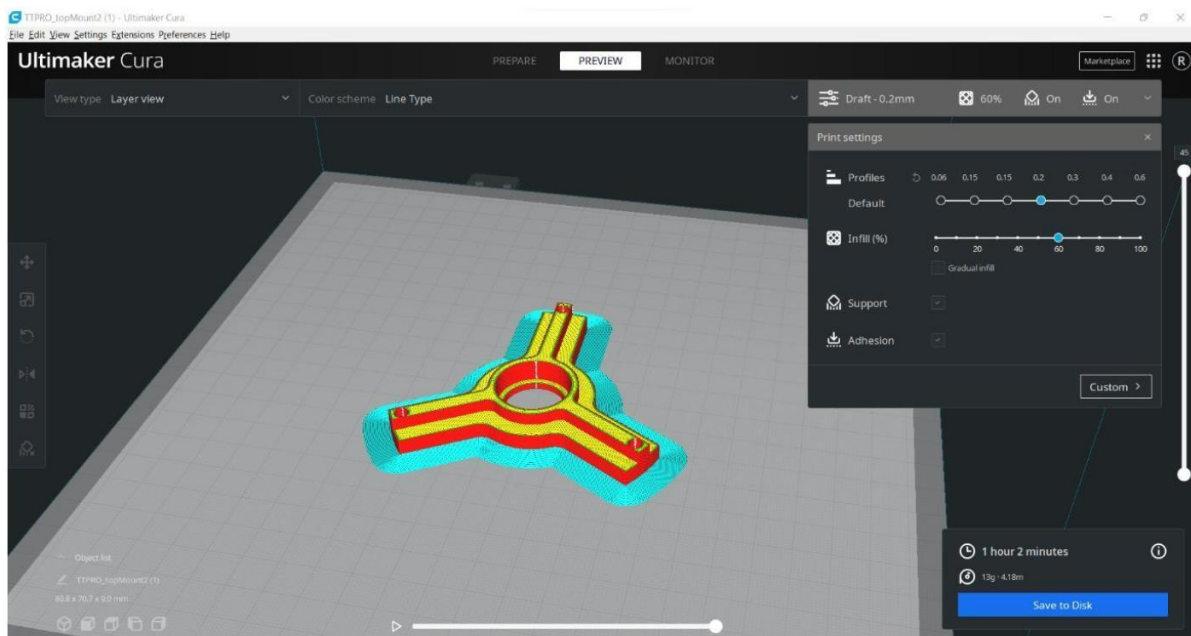
Apêndice 10 Slicing da engrenagem do motor Fonte:Rafael Rocha



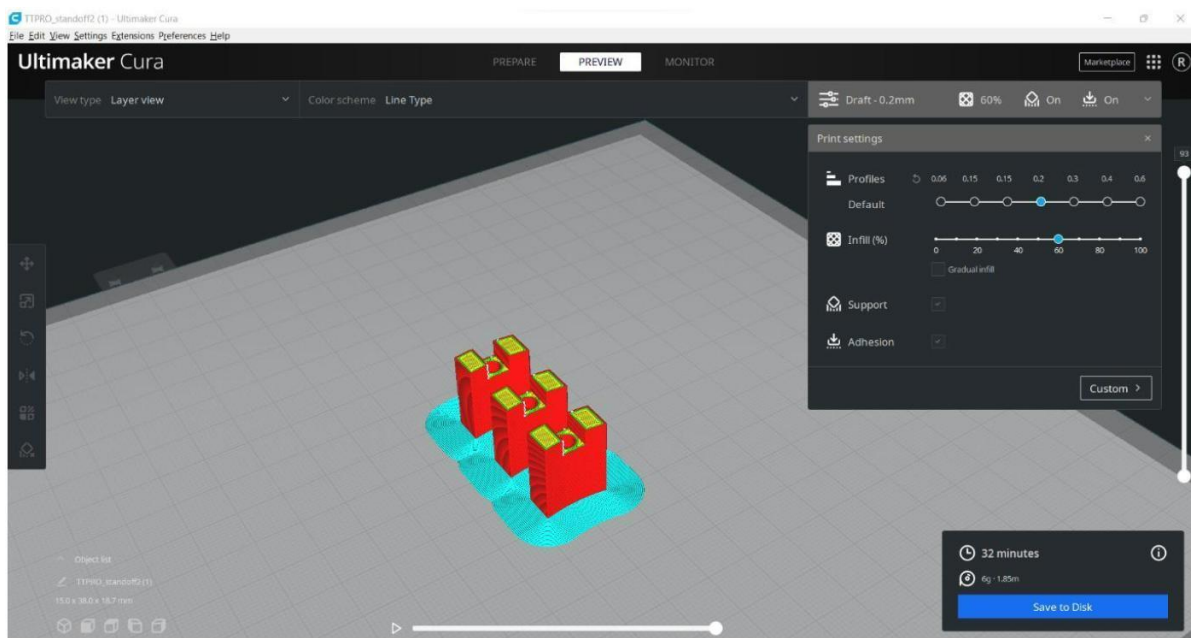
Apêndice 11 Slicing da base da extrusora Fonte: Rafael Rocha



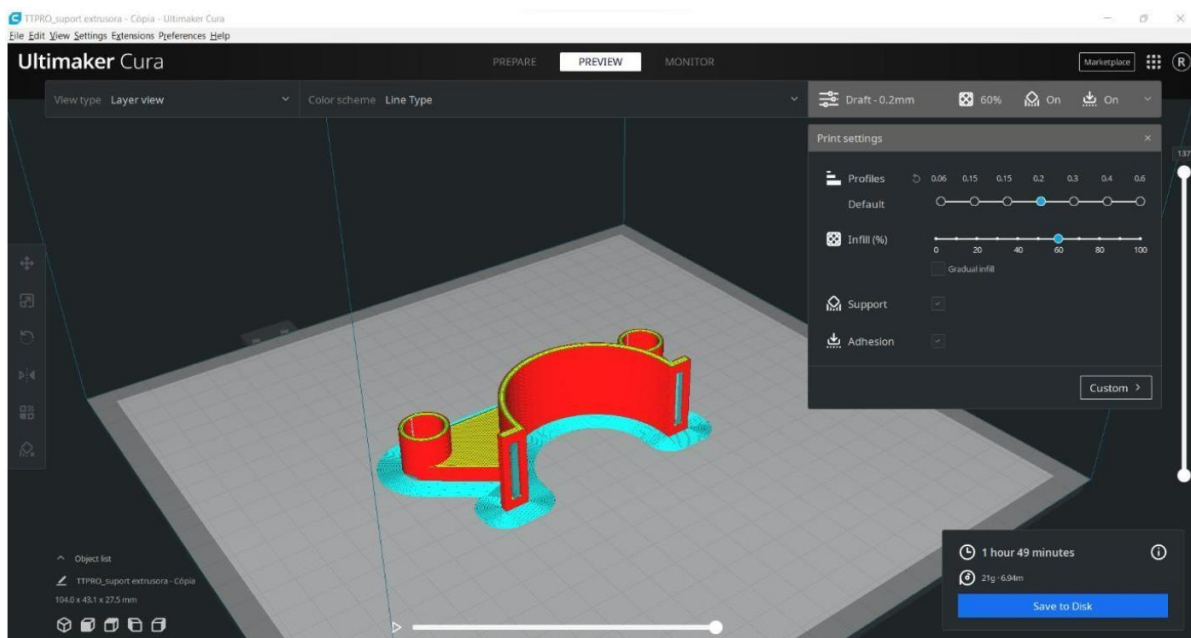
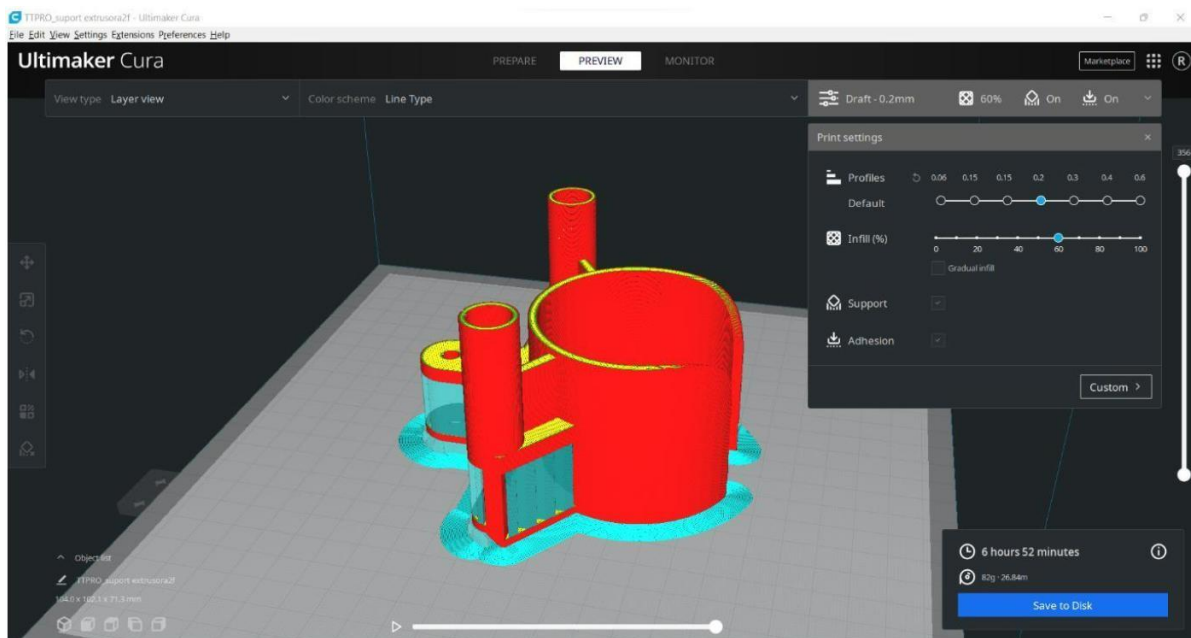
Apêndice 12 Slicing da engrenagem do pistão Fonte: Rafael Rocha

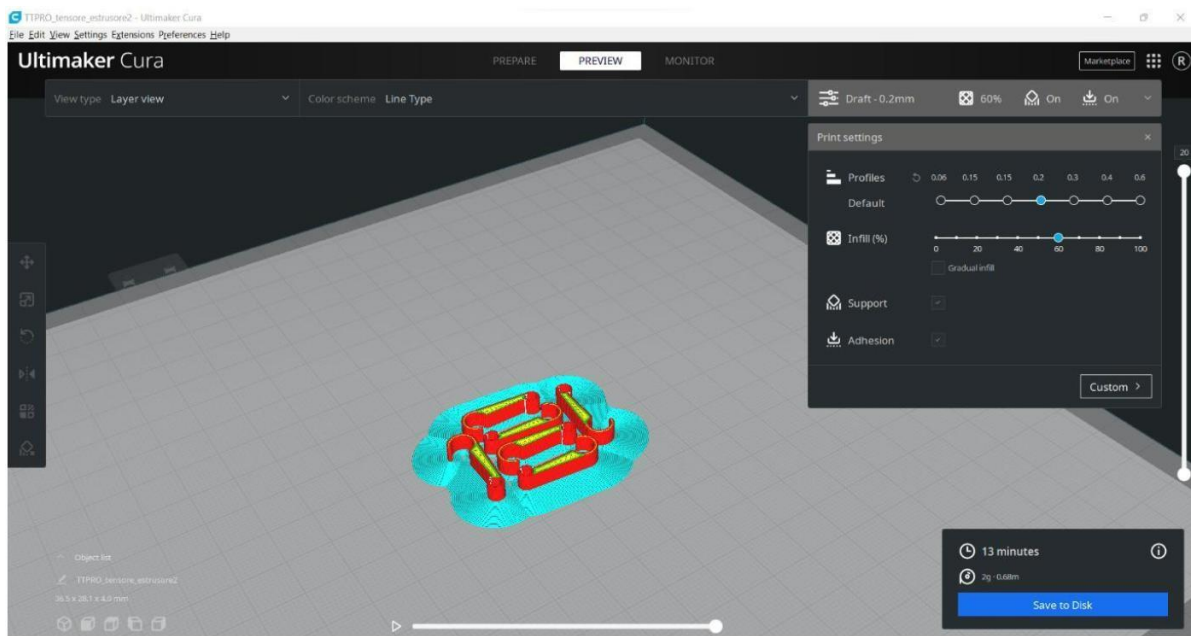


Apêndice 13 Slicing do topo do suporte do motor Fonte: Rafael Rocha

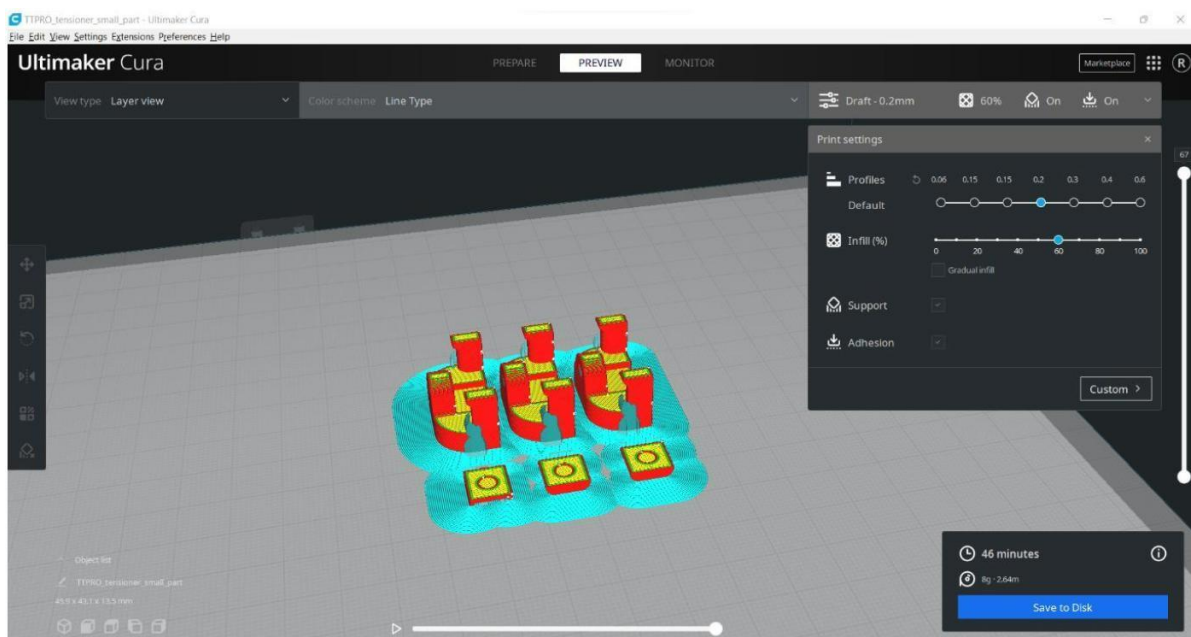


Apêndice 14 Slicing do standoff do topo do suporte do motor Fonte: Rafael Rocha

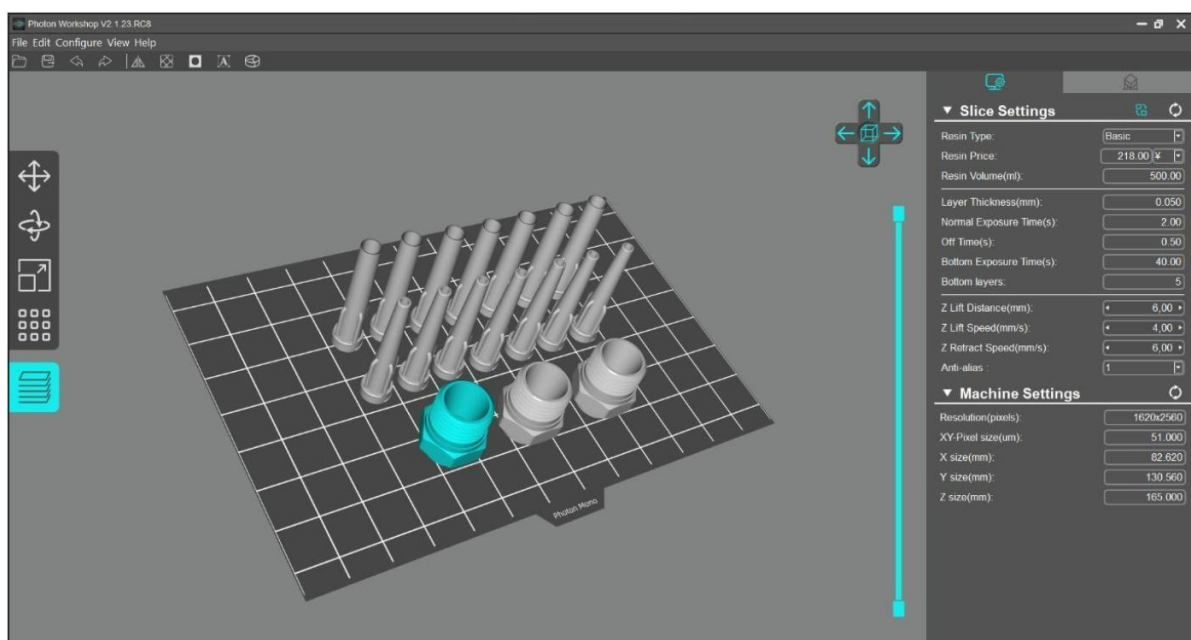




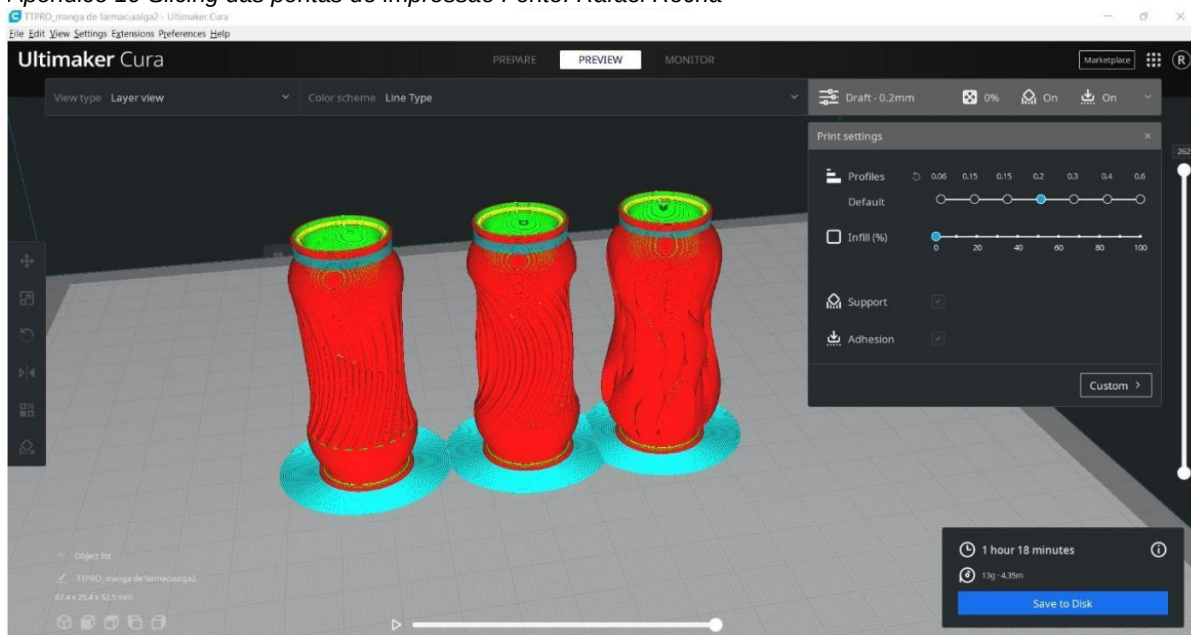
Apêndice 17 Slicing dos tensores dos braços Fonte: Rafael Rocha



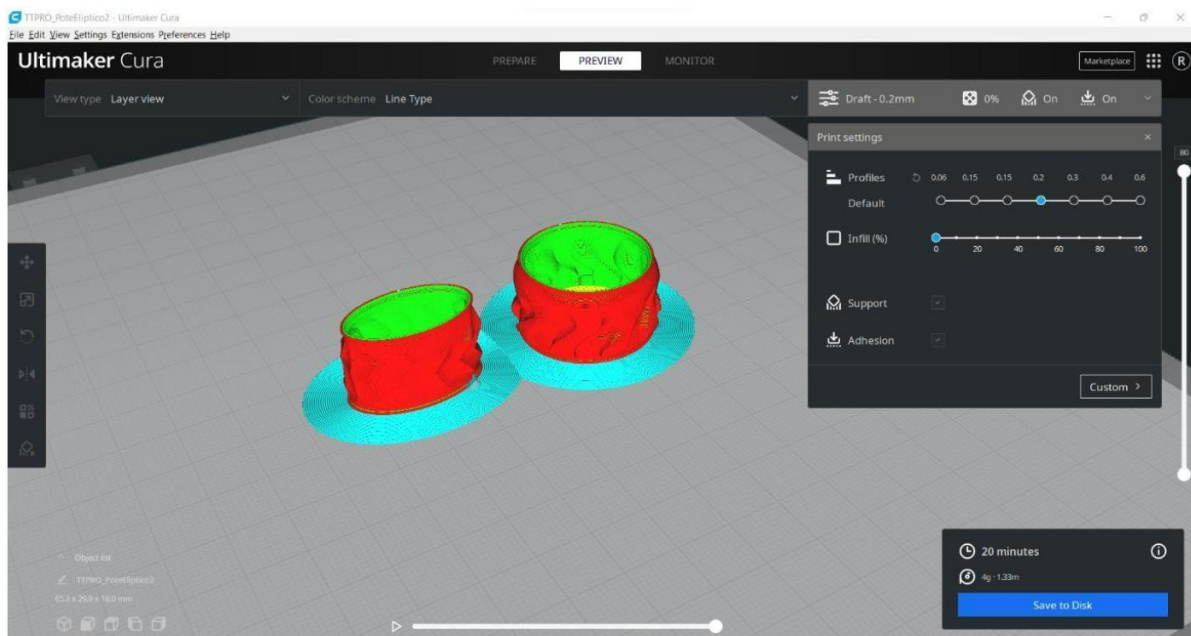
Apêndice 18 Slicing dos tensores da correia Fonte: Rafael Rocha



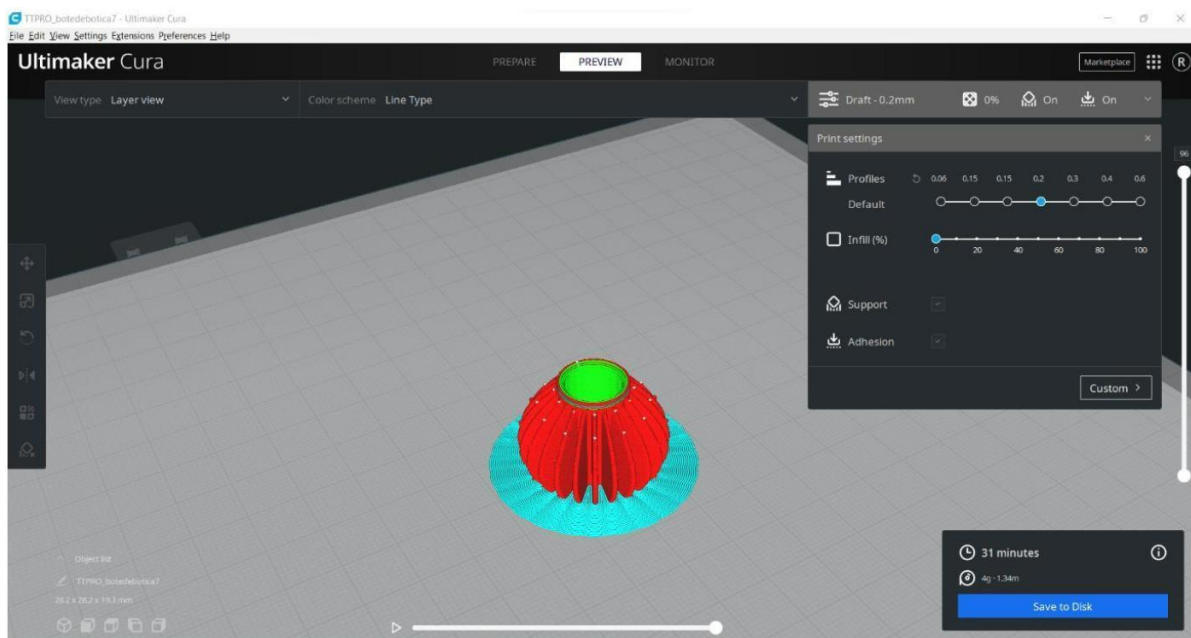
Apêndice 19 Slicing das pontas de impressão Fonte: Rafael Rocha



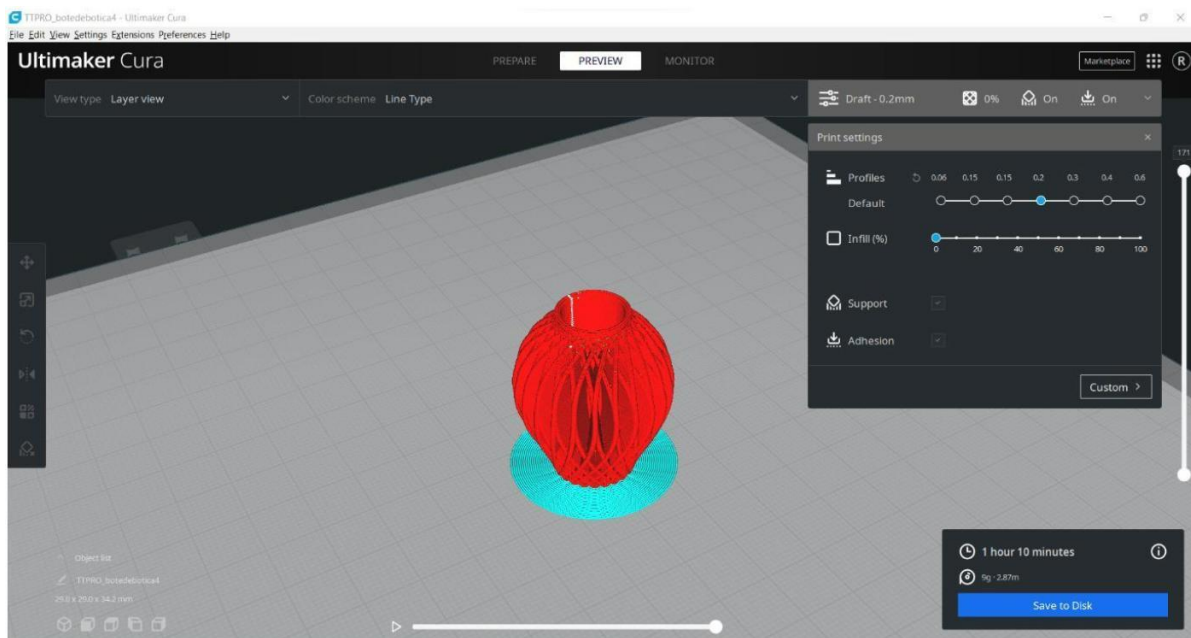
Apêndice 20 Slicing dos modelos inspirados na manga de farmácia Fonte: Rafael Rocha



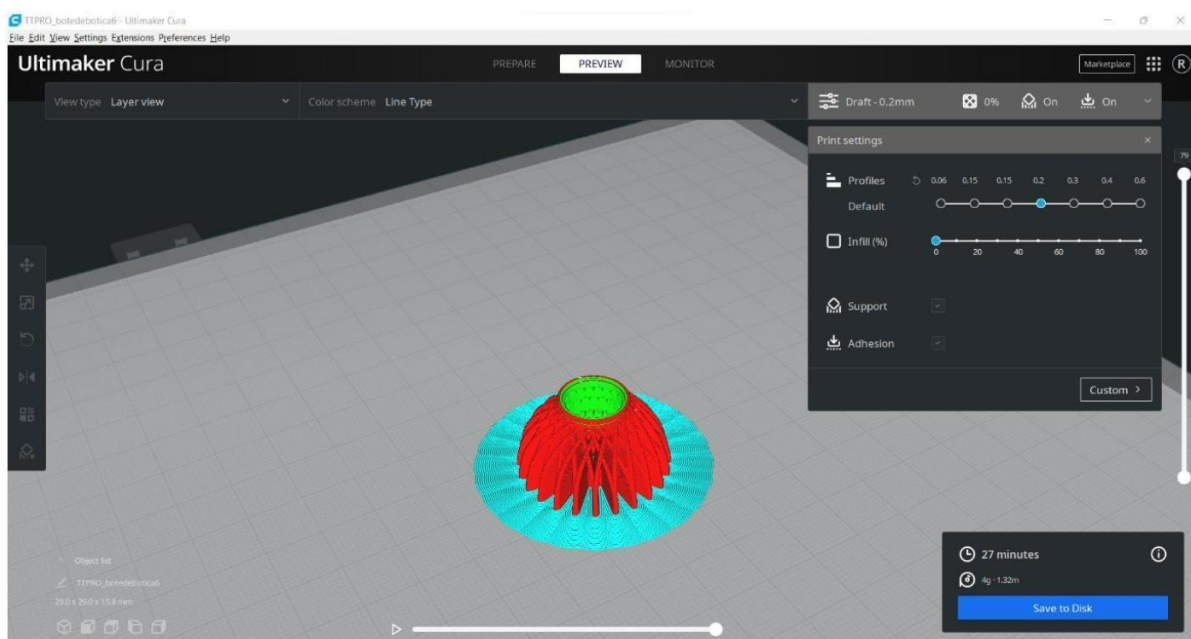
Apêndice 21 Slicing dos modelos inspirados na manga de farmácia Fonte: Rafael Rocha



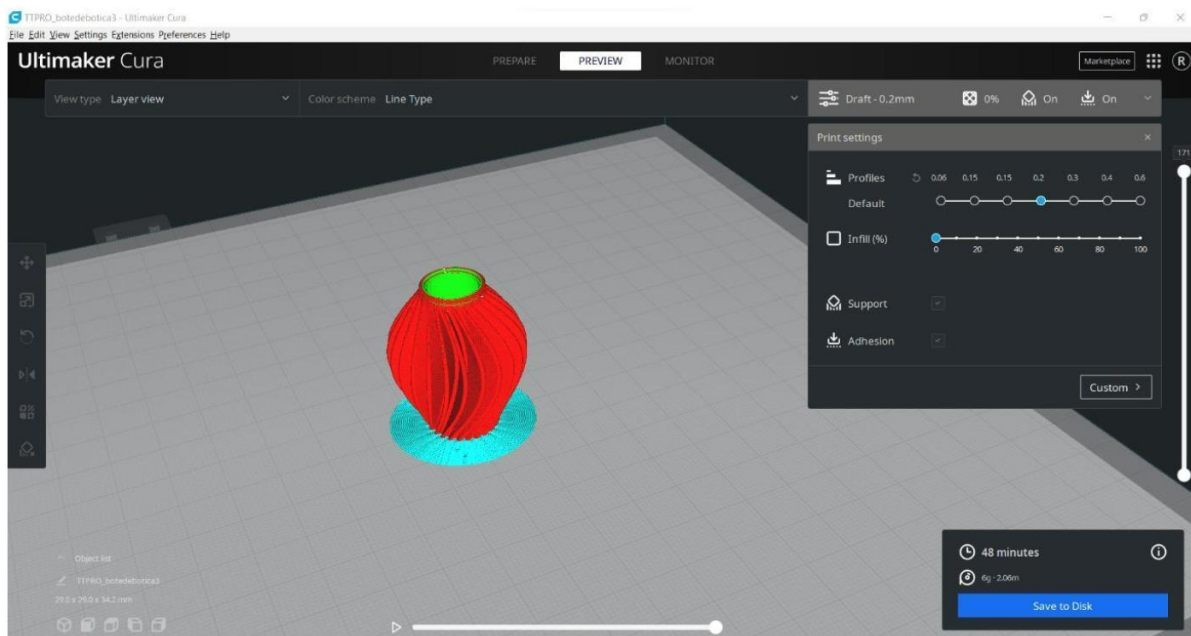
Apêndice 22 Slicing do modelo inspirado no ouriço-do-mar (*Paracentrotus lividus*) Fonte: Rafael Rocha



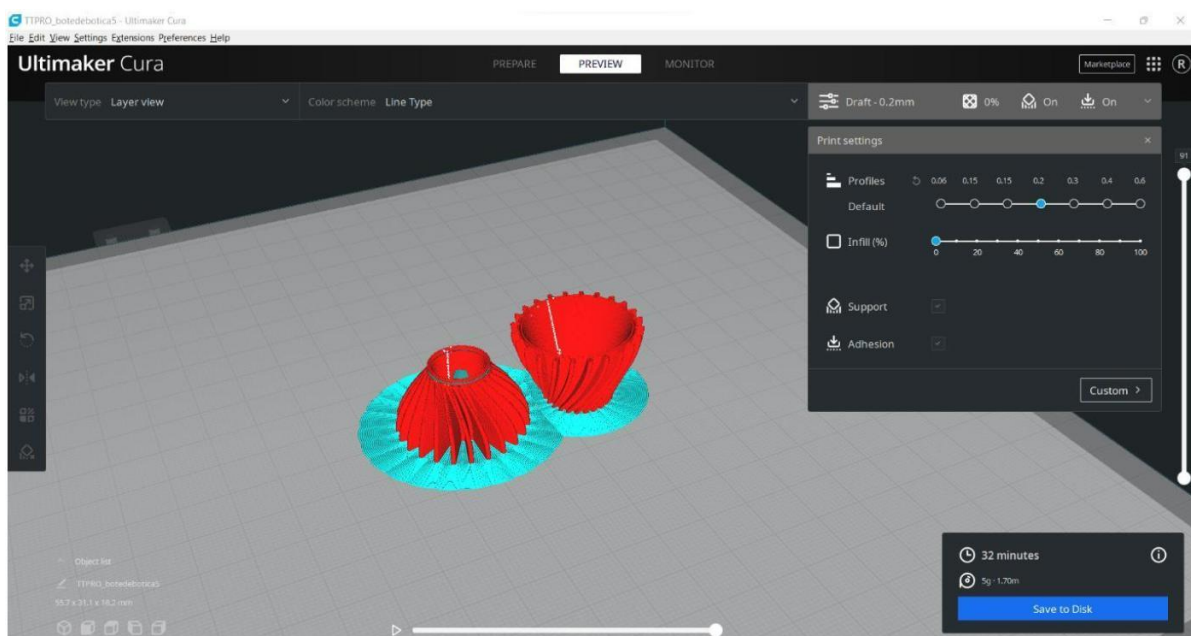
Apêndice 23 Slicing do modelo da jarra Fonte: Rafael Rocha



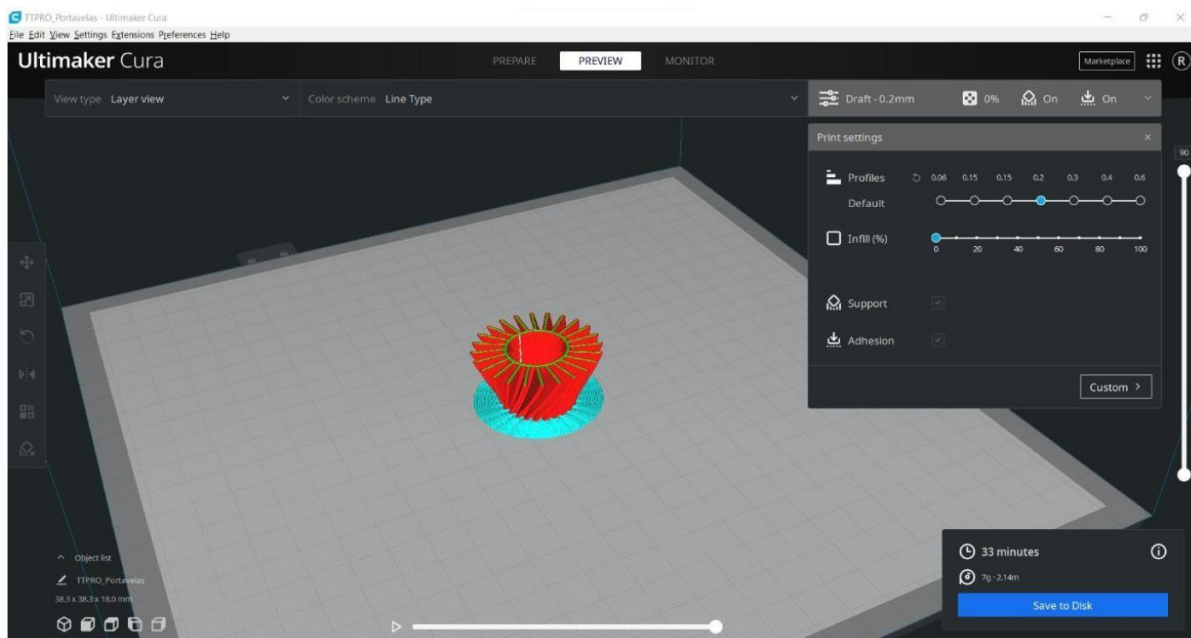
Apêndice 24 Slicing do modelo do porta-velas Fonte: Rafael Roch



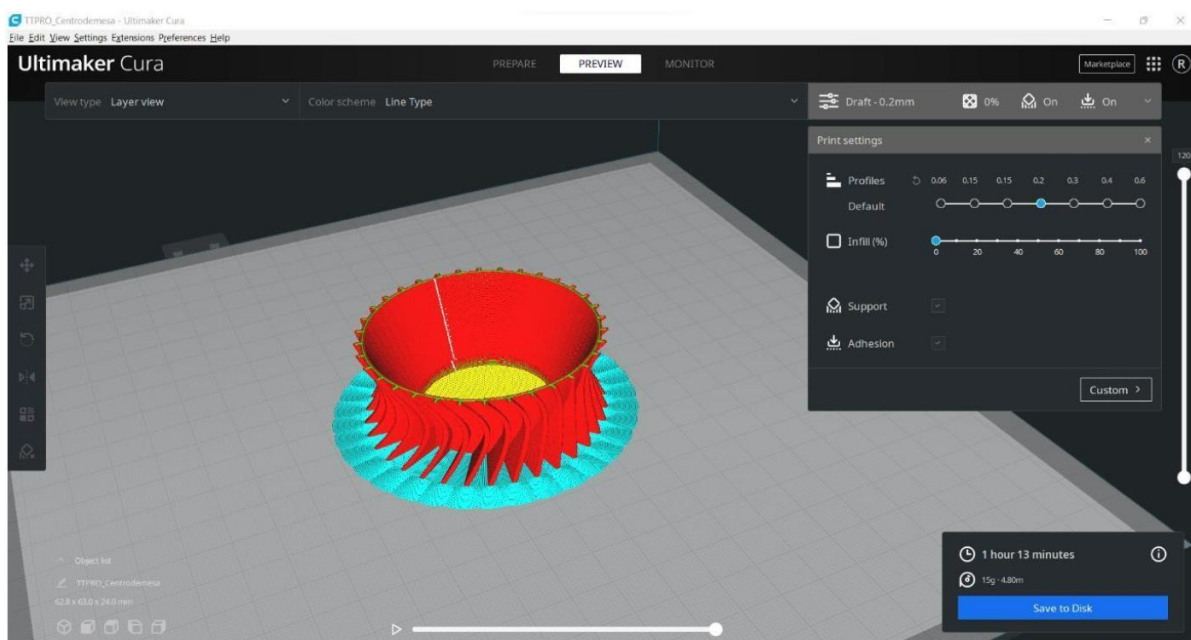
Apêndice 25 Slicing do modelo da jarra Fonte: Rafael Rocha



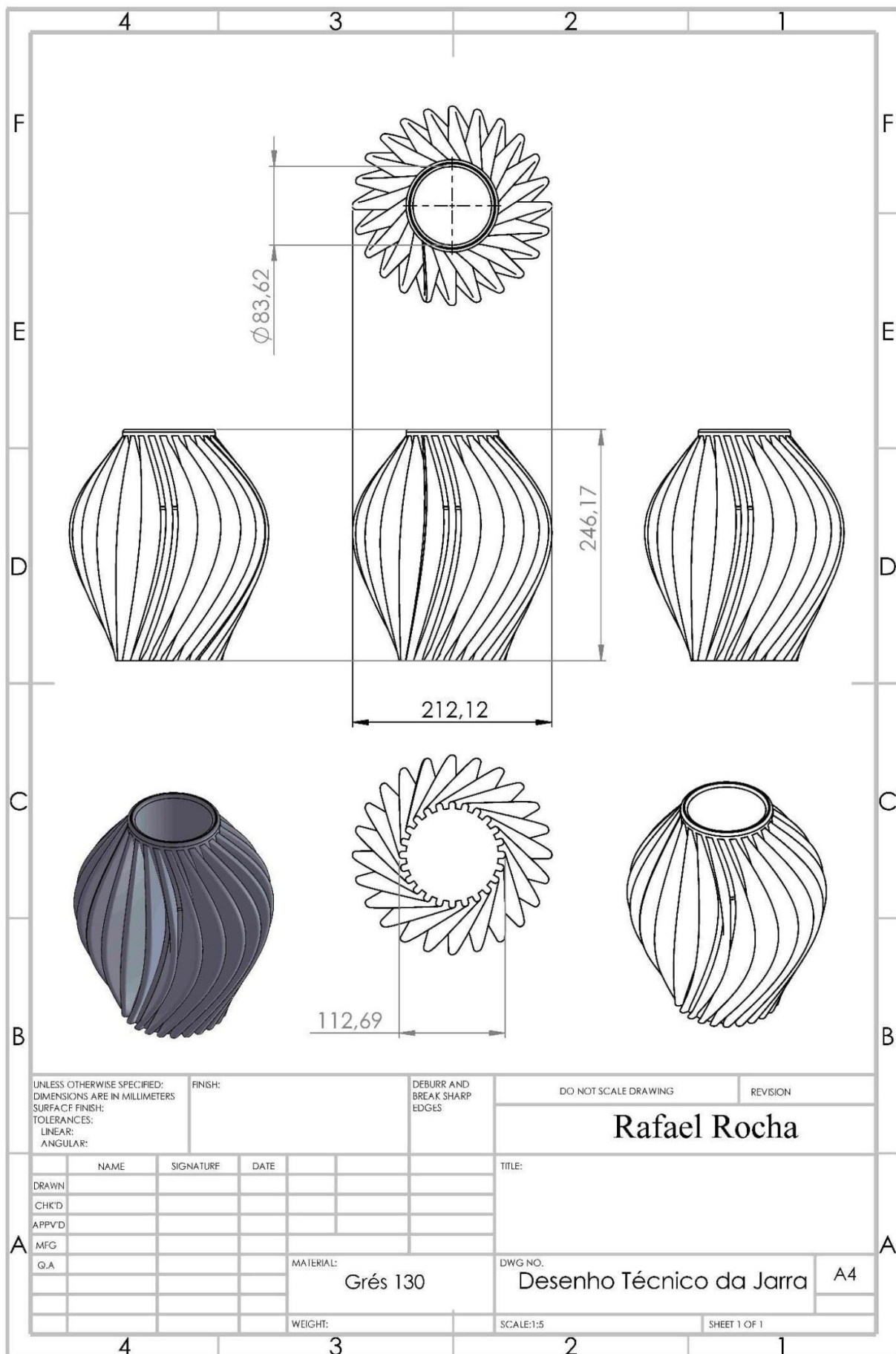
Apêndice 26 Slicing dos modelos do porta-velas e da tigela para chaves Fonte: Rafael Rocha



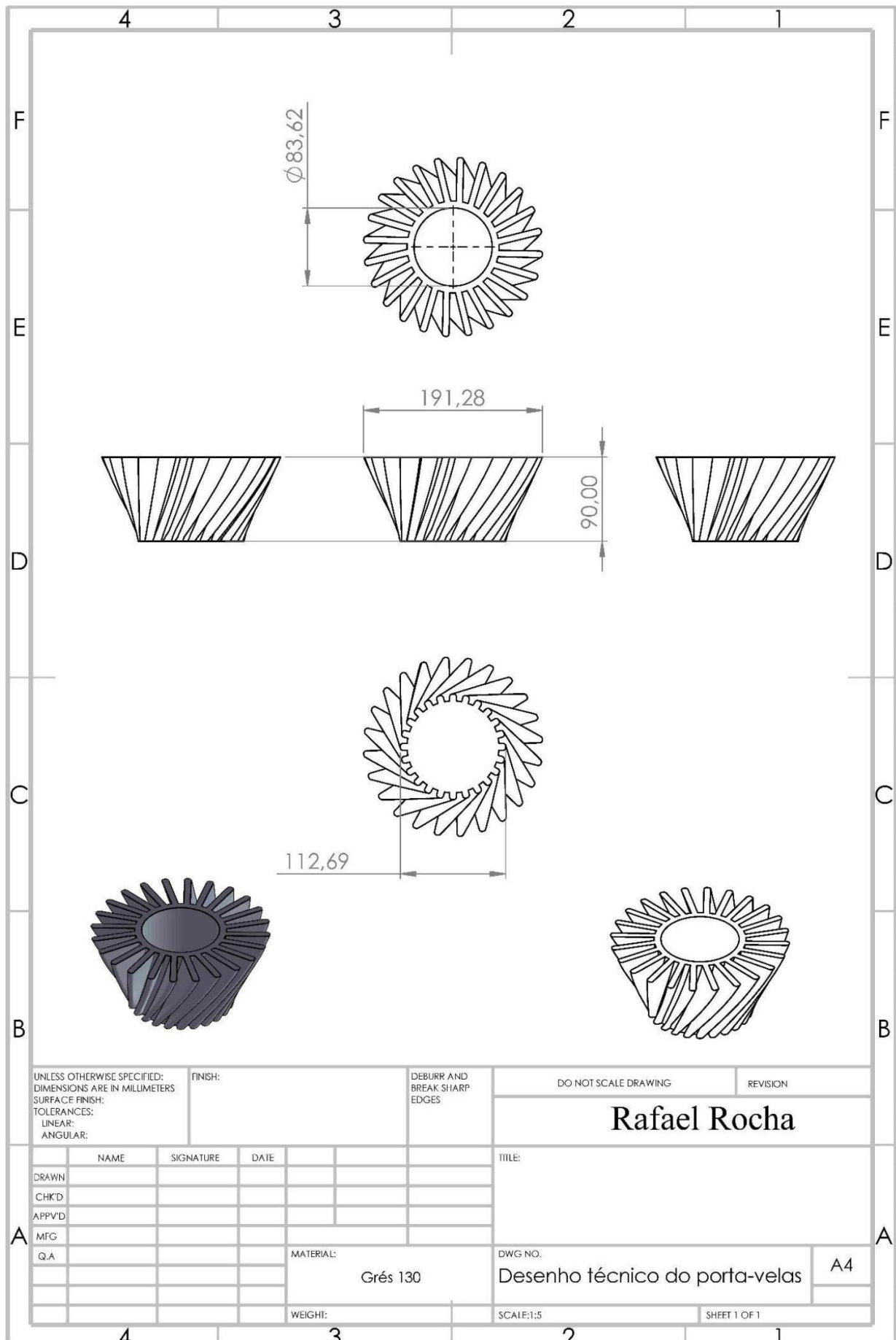
Apêndice 27 Slicing do modelo do porta-velas Fonte: Rafael Rocha



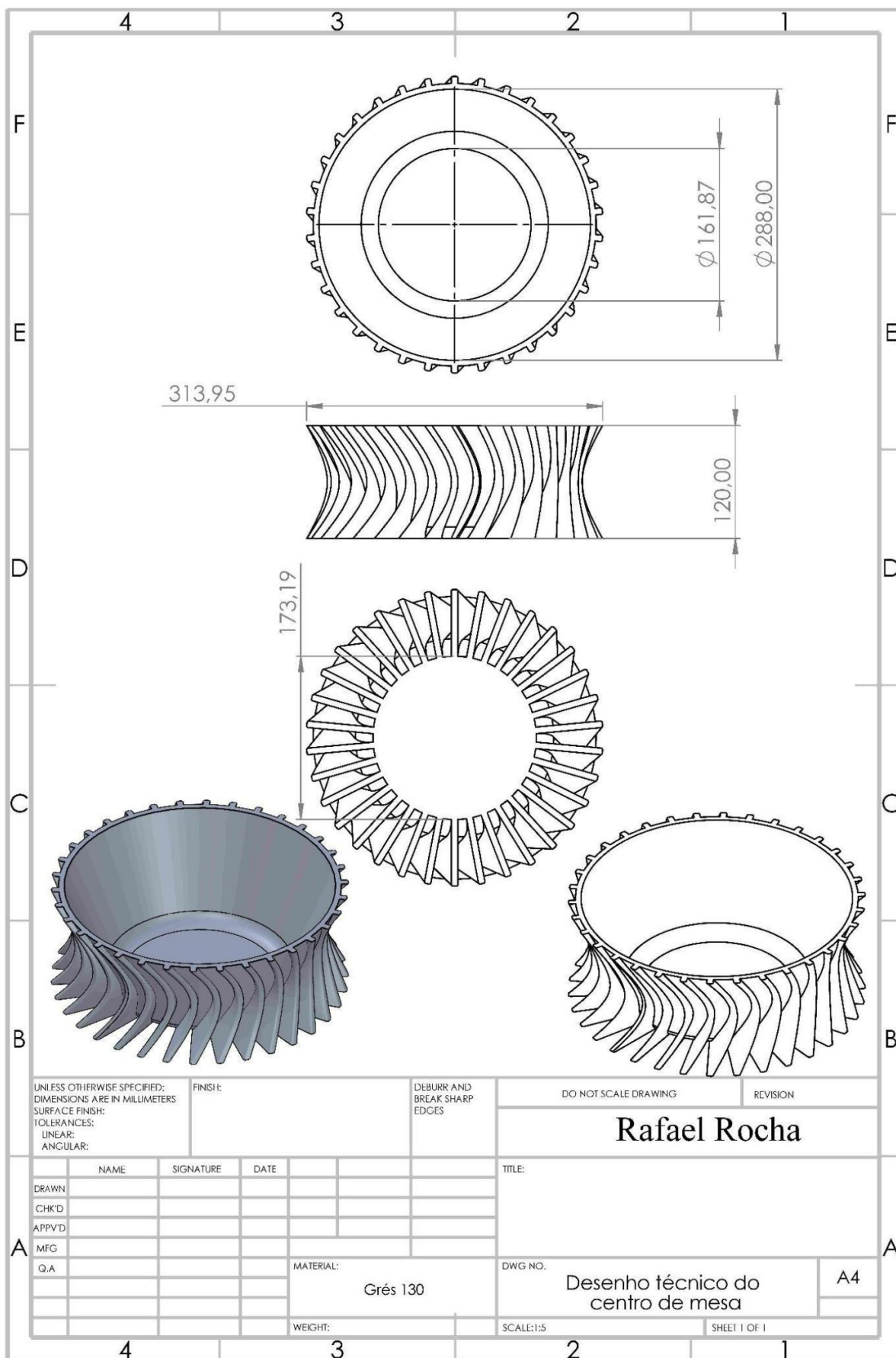
Apêndice 28 Slicing do modelo do centro de mesa Fonte: Rafael Rocha



Apêndice 29 Desenho técnico da jarra. Fonte: Rafael Rocha



Apêndice 30 Desenho técnico do porta-velas. Fonte: Rafael Rocha



Apêndice 31 Desenho técnico do centro de mesa Fonte: Rafael Rocha

Ficha de Especificações do Produto

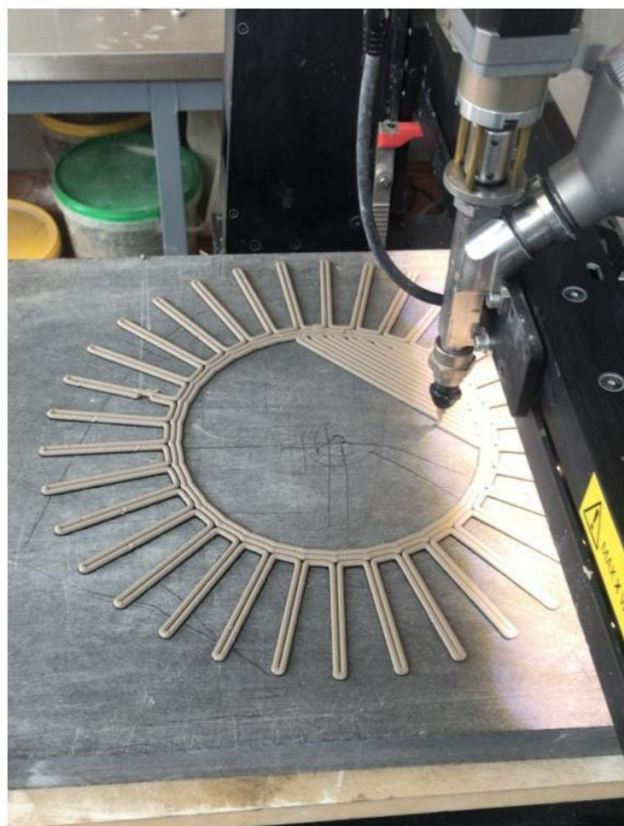
Produto	Jarra
Dimensões (mm)	246,17x212,12Ø
Linha	Cerâmica decorativa
Segmento	Sala de estar, Sala de jantar, Quarto, <i>Hall de entrada</i> , entre outros.
Peso	≅ 4,5kg
Volume (mm)	246,17x212,12Ø
Matéria-prima	Grés 130
Imagem	

Ficha de Especificações do Produto

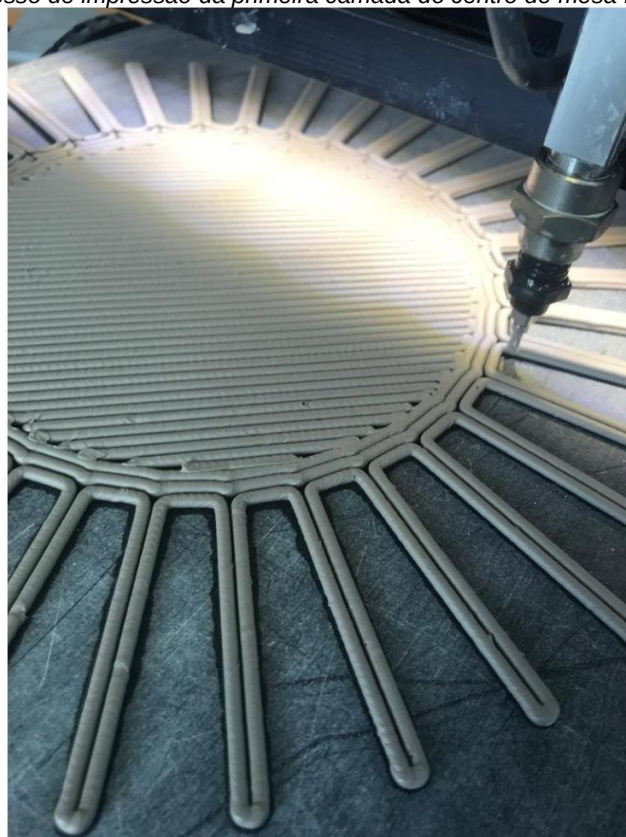
Produto	Porta-velas
Dimensões (mm)	90x191,28ø
Linha	Cerâmica decorativa
Segmento	Sala de estar, Sala de jantar, Quarto, <i>Hall de entrada</i> , entre outros.
Peso	≅1,3kg
Volume (mm)	90x191,28ø
Matéria-prima	Grés 130
Imagem	

Ficha de Especificações do Produto

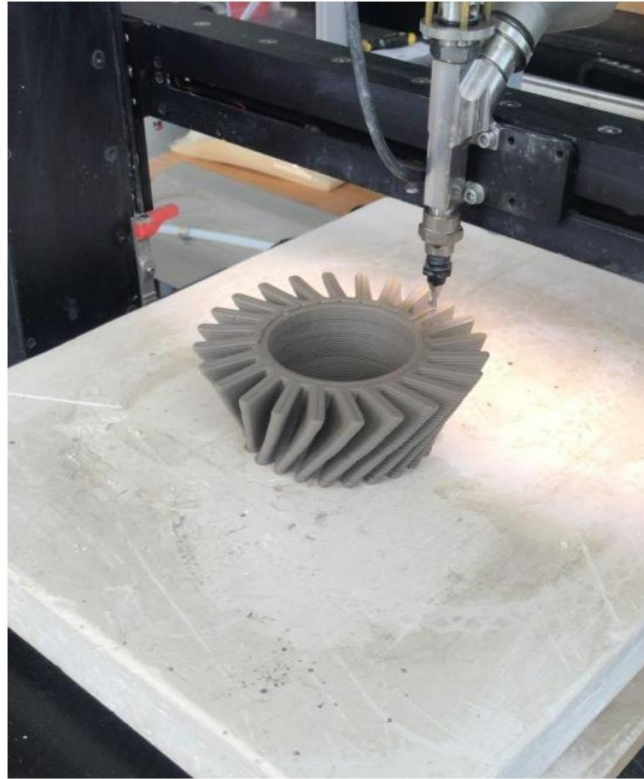
Produto	Centro de mesa
Dimensões (mm)	120x313,95ø
Linha	Cerâmica decorativa
Segmento	Sala de estar, Sala de jantar, Quarto, <i>Hall de entrada</i> , entre outros.
Peso	≅3,1kg
Volume (mm)	120x313,95ø
Matéria-prima	Grés 130
Imagem	



Apêndice 35 Processo de impressão da primeira camada do centro de mesa Fonte: Rafael Rocha



Apêndice 36 Processo de impressão da primeira camada do centro de mesa Fonte: Rafael Rocha



Apêndice 37 Processo de impressão do porta-velas Fonte: Rafael Rocha



Apêndice 38 Porta-velas impresso Fonte. Rafael Rocha



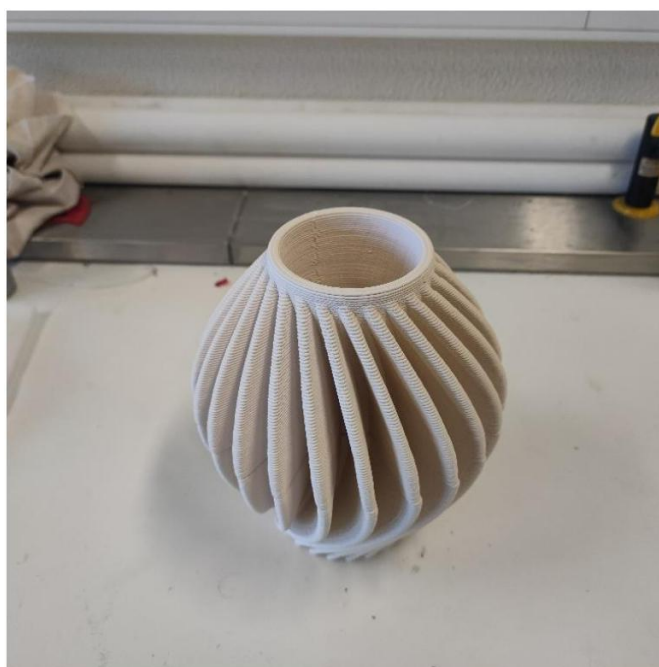
Apêndice 39 Processo de impressão da jarra Fonte: Rafael Rocha



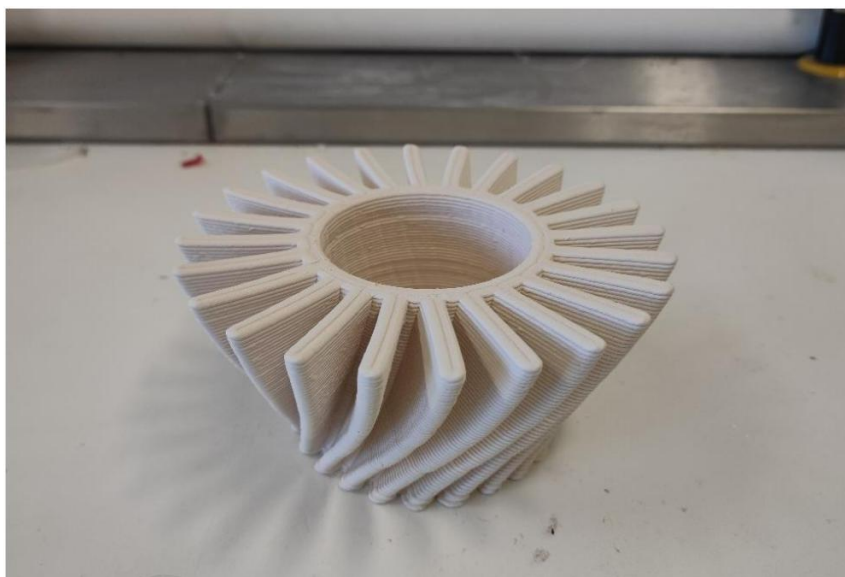
Apêndice 40 Processo de impressão da jarra Fonte: Rafael Rocha



Apêndice 41 Processo de impressão da jarra Fonte: Rafael Rocha



Apêndice 42 Jarra após a primeira cozedura Fonte: Rafael Rocha



Apêndice 43 Porta-velas após a primeira cozedura Fonte: Rafael Rocha



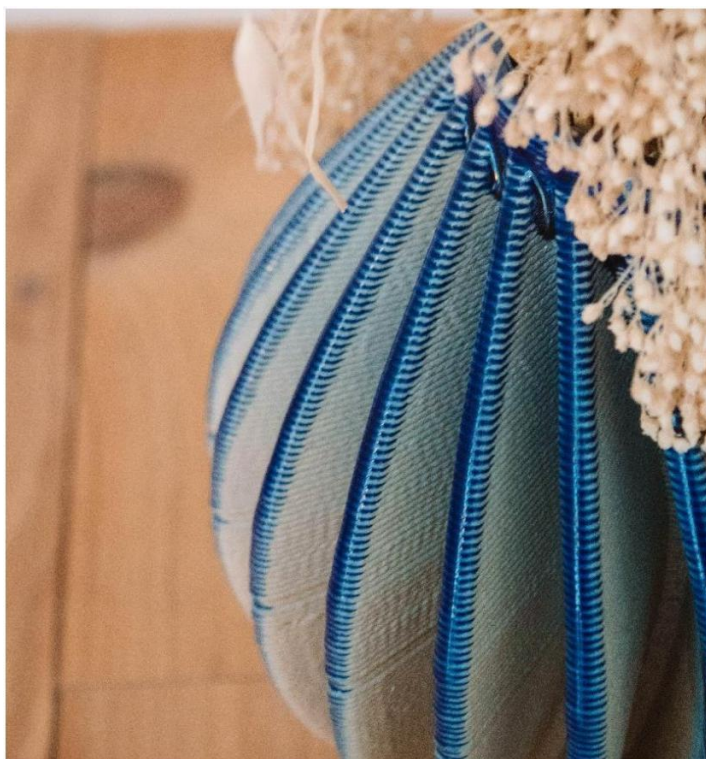
Apêndice 44 Centro de mesa após a primeira cozedura Fonte: Rafael Rocha



Apêndice 45 Jarra, porta-velas e centro de mesa em contexto de utilização Fonte: Rafael Rocha



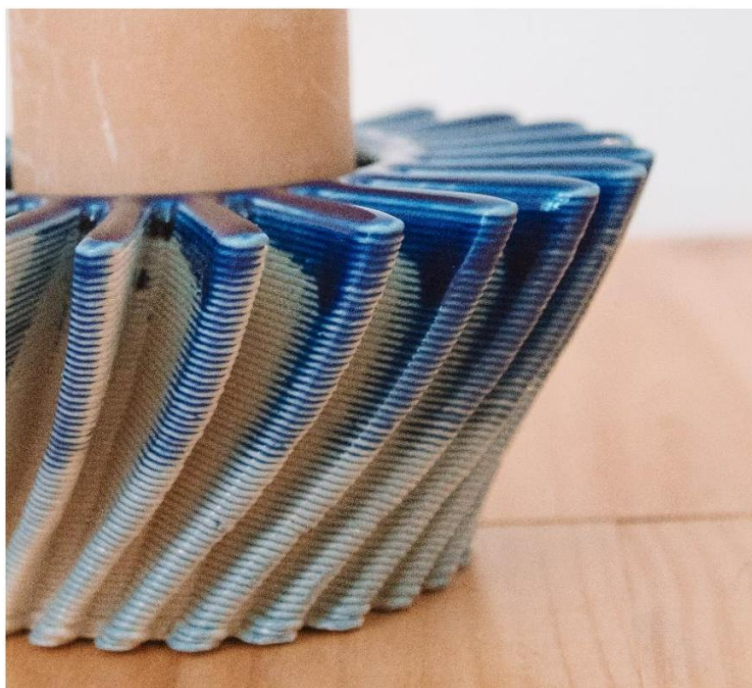
Apêndice 46 Jarra, porta-velas e centro de mesa em contexto de utilização Fonte: Rafael Rocha



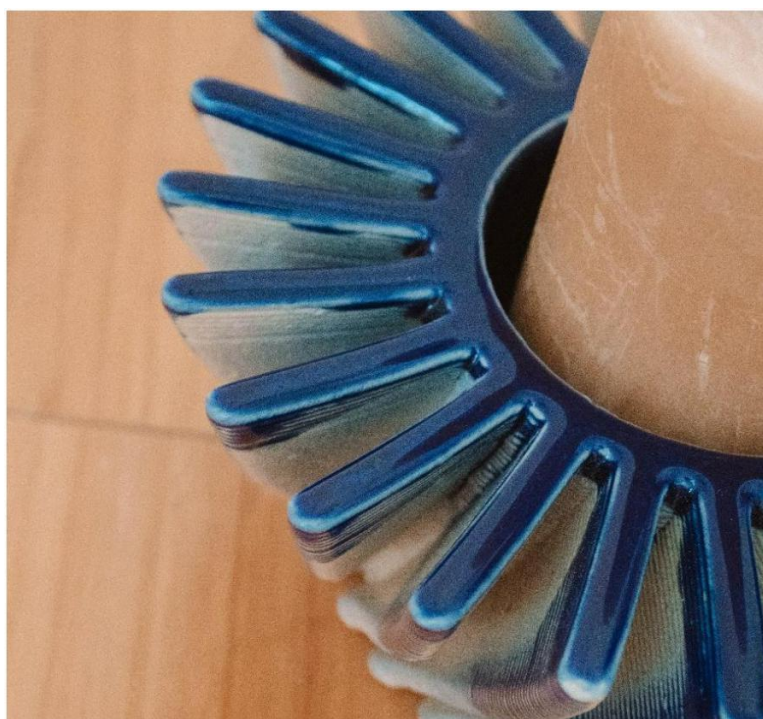
Apêndice 47 Detalhe de vidrado sobre a jarra (lado esquerdo) Fonte: Rafael Rocha



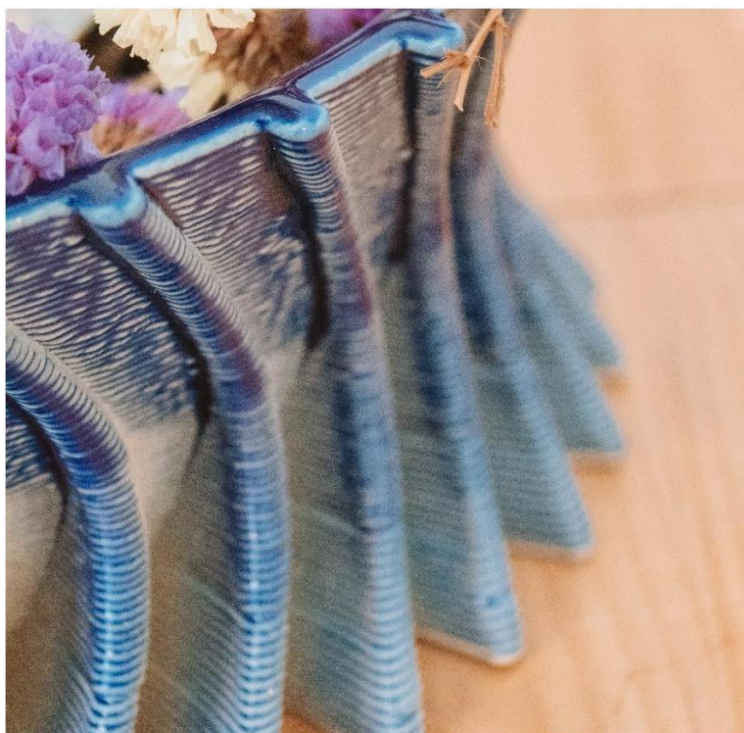
Apêndice 48 Detalhe de vidrado sobre a jarra (lado direito) Fonte: Rafael Rocha



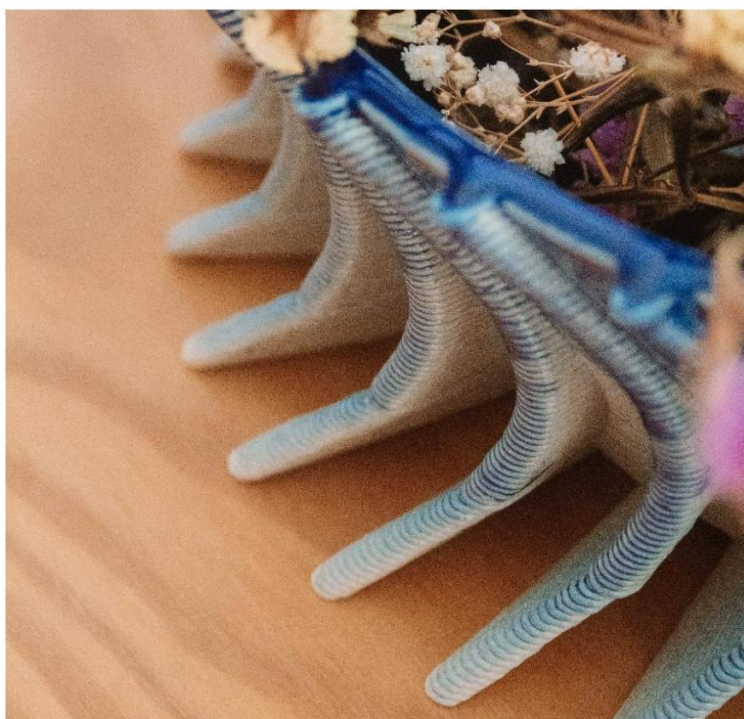
Apêndice 49 Detalhe de vidroado sobre o porta-velas (lado direito) Fonte: Rafael Rocha



Apêndice 50 Detalhe de vidroado sobre o porta-velas (lado esquerdo) Fonte: Rafael Rocha



Apêndice 51 Detalhe de vidroado sobre o centro de mesa (lado direito) Fonte: Rafael Rocha



Apêndice 52 Detalhe de vidroado sobre o centro de mesa (lado esquerdo) Fonte: Rafael Rocha