

Da Representação Gráfica 3D à Fabricação Aditiva de Cerâmicos Industriais de Forma Complexa

From three-dimensional graphic representation to the additive manufacturing of industrial ceramics in a complex way

José Manuel C. B. C. Frade, dr, ESAD.CR-IPL

jose.frade@ipleiria.pt

Josiane Wanderlinde Vieira, dra, UFSC

josiwv@gmail.com

Resumo

Este artigo procura mostrar exemplos da exploração pedagógica no campo do design e da fabricação aditiva de produtos cerâmicos no sistema de ensino superior português, nomeadamente na Escola Superior de Artes e Design de Caldas da Rainha, do Instituto Politécnico de Leiria, considerada uma referência nacional, cujos cursos de design estão incluídos dentro das melhores escolas de design da Europa. Para o efeito é apresentada uma seleção de projetos de design de produto cerâmico desenvolvidos recentemente e feita a devida discussão em termos do potencial que as tecnologias aditivas de fabricação têm hoje no alargamento dos portfólios de produtos de empresas industriais e na procura de campos de aplicação menos usuais de elevado valor acrescentado.

Palavras-chave: Cerâmica; Porcelana; Design; Fabricação Aditiva.

Abstract

This article tries to show examples of the pedagogical exploration in the field of design and additive manufacture of ceramic products in the Portuguese higher education system, namely in the Superior School of Arts and Design of Caldas da Rainha, of the Polytechnic Institute of Leiria, considered a national reference. A selection of recently developed ceramic product design projects is presented and discussion is made in terms of the potential that additive manufacturing technologies have today in expanding the portfolios of products of industrial companies and in the news fields of application.

Keywords: Ceramic; Porcelain; Design; Additive Manufacturing.



1. Introdução

A inovação dos produtos cerâmicos através da diferenciação da forma está normalmente associada aos limites de materialização próprios das técnicas de conformação convencionais por via líquida, plástica ou seca, como sejam o enchimento de moldes de gesso ou sob pressão: a extrusão, prensagem e torneamento de pastas cerâmicas, ou a prensagem unidirecional e isostática de pós, respectivamente. Importa, portanto, experimentar a fabricação aditiva na materialização de novos produtos cerâmicos, de forma complexa, ou seja, que não sejam possíveis de serem obtidos através das técnicas convencionais de conformação referidas anteriormente. A inclusão de diferenciação na forma do produto através da participação de manufatura (trabalho manual) na materialização de produtos parece-nos muito difícil, ou mesmo inviável em países como Portugal, onde os custos de mão de obra são comparativamente elevados (FRADE, 2016, INTERREG IVC, 2009, PEREIRA, 2005 e COELHO, 2009). Abre-se, assim, um interessante campo às tecnologias aditivas de fabricação cerâmica que é importante explorar e investigar no sentido de perceber se podem ser atualmente usadas com vantagem no alargamento do portfólio de produtos de empresas industriais, visando nomeadamente ampliar o leque comercial das empresas industriais cerâmicas a mercados de aplicação de maior valor. A fabricação aditiva em geral é uma excelente oportunidade para o design atendendo à importância que o desenho 3D tem como ferramenta precursora desta tecnologia. Neste artigo relata-se projetos de design cerâmico direcionados para estas novas tecnologias de materialização de produtos levando-se em conta as tecnologias de fabricação aditiva em cerâmica disponíveis no mercado português, especificamente a prototipagem por extrusão e a impressão 3D (para gesso).

2. Estudo de Caso

No âmbito de uma unidade curricular de Seminário Transdisciplinar do curso de mestrado em Design de Produto da Escola Superior de Artes e Design de Caldas da Rainha (Portugal), realizou-se um projeto, em parceria protocolada com o Centro Tecnológico de Cerâmica e Vidro, onde se pretendeu desenvolver projetos de design cerâmico, inicialmente direcionados para a tecnologia de fabricação aditiva por extrusão (in <http://www.wasproject.it/w/en/3d-printing/>; acesso em maio/2017). A princípio foi recomendada a exploração de formas para além dos limites normalmente associados às tecnologias de conformação industriais convencionais, tais como: enchimento de moldes de gesso, enchimento com pressão, extrusão, prensagem e torneamento de pastas cerâmicas e prensagem isostática e unidirecional de pós cerâmicos (FONSECA, 2000, MARI, 1998).

O estado da arte da fabricação aditiva em cerâmica está devidamente documentado na bibliografia específica sugerida sobre este assunto (YEONG et al, 2013; LINO & NETO, 2003; MORITZ et al, 2015; HUSON, 2009). No mercado português, as tecnologias de fabricação aditiva que se encontram com maior facilidade são a prototipagem por extrusão (in <http://www.wasproject.it/w/en/3d-printing/>; acesso em maio/2017) e a impressão 3D de pós cerâmicos, muito usada também em cerâmica odontológica (in <https://www.3dsystems.com/3d-printers>; acesso em maio/2017).

A prototipagem por extrusão consiste na extrusão automática contínua de pastas cerâmicas através de um movimento em 3 eixos da cabeça de extrusão comandada por um ficheiro STL que foi convertido a partir de um desenho 3D. O produto é materializado da base para o topo, camada a camada. É importante que a camada anterior contribua para o suporte da camada posterior, o que limita a complexidade formal dos produtos



materializados através desta tecnologia. A máquina permite fazer produtos até 40 cm de altura e 20 cm de diâmetro de base.

A máquina de impressão 3D recebe os dados de um desenho assistido por computador, construindo o protótipo em camadas que correspondem a seção transversal virtual do modelo daquele desenho. Tal como no processo de prototipagem por extrusão, a impressão 3D usa uma interface de dados padrão, implementada como o formato de arquivo STL, para conectar-se com o “software” do desenho assistido por computador e a máquina de impressão 3D. O protótipo materializado no processo de impressão 3D também é construído de baixo para cima, densificando em verde camada a camada através da colocação de ligante orgânico a partir da cabeça de impressão da impressora em pontos específicos de cada pequena camada de pós cerâmicos (secos). O ligante orgânico será expelido da estrutura material nos processos térmicos subsequentes que visam conferir qualidade mecânica aos produtos cerâmicos. Com este processo estão documentadas especificações mínimas de: parede de 3 a 6mm; detalhes mínimos de 2mm; precisões dimensionais de +/- 3% e limites dimensionais máximos de 800mm por 400mm.

2.1 Projeto GEARS – Joana Barros

No projeto Gears, desenvolvido com a aluna Joana Barros, projetaram-se produtos de porcelana de forma complexa em contexto de complemento do catálogo de uma empresa de referência internacional deste subsector cerâmico. Neste contexto e para este efeito selecionou-se a empresa portuguesa Vista Alegre, tendo-se inclusivamente realizado uma visita de estudo a esta empresa, quer à zona industrial, quer ao “showroom” e à zona comercial (loja da fábrica), tal como se estudaram tendências recentes e catálogos de produtos cuja disponibilidade encontra-se na internet, (in http://www.gomenu.pt/images/galeria/160114111737_626965.pdf e <http://www.spal.pt/index.php/catalogos>, acessos em maio/2017).

As ferramentas de desenhos computacionais, 2D e 3D, nomeadamente o “software Solidwoks” foi a principal ferramenta usada neste projeto. Assumiu-se que a aluna não tinha que ter competências de produção propriamente ditas, mas tinha que conhecer os limites formais das peças conformadas industrialmente com as tecnologias convencionais utilizadas em fábricas de porcelana, para propositalmente explorar o design de novos produtos de porcelana para além daqueles limites formais, no sentido de usar com vantagem as ferramentas ainda não convencionais da fabricação aditiva cerâmica no alargamento do catálogo comercial de uma empresa que opera à escala global.

Pesquisou-se e estudou-se o catálogo dos produtos de empresas de referência no sentido de procurar oportunidades para o design de novos produtos atendendo por um lado às tendências e comportamentos de consumo mais atuais deste material, e por outro lado, propondo na medida do possível produtos, de certo modo inovadores, dentro do portfólio dos produtos existentes, não esquecendo uma análise crítica, ainda que elementar, do potencial comercial dos mesmos. Neste sentido, foi desenvolvida uma proposta de um conjunto de produtos cerâmicos decorativos de diferentes alturas e diâmetros que têm a particularidade de se encaixarem uns nos outros, ou mesmo colocar uns dentro dos outros, oferecendo ao usuário a liberdade de disposição que melhor lhe parecer quando os usar nos mais diferentes ambientes. A complicar do ponto de vista formal destes produtos, para além do sistema de encaixe, a criação de orifícios verticais a partir do topo das peças e as variações de espessura na parede das mesmas contribuem para a complexidade formal destes produtos

cerâmicos; tais características e detalhes tornam-os impossíveis de serem materializados através das técnicas de conformação convencionais industriais. Técnicas estas por enchimento de moldes de gesso com barbotina de porcelana, normalmente usado na materialização das peças de maior complexidade formal.

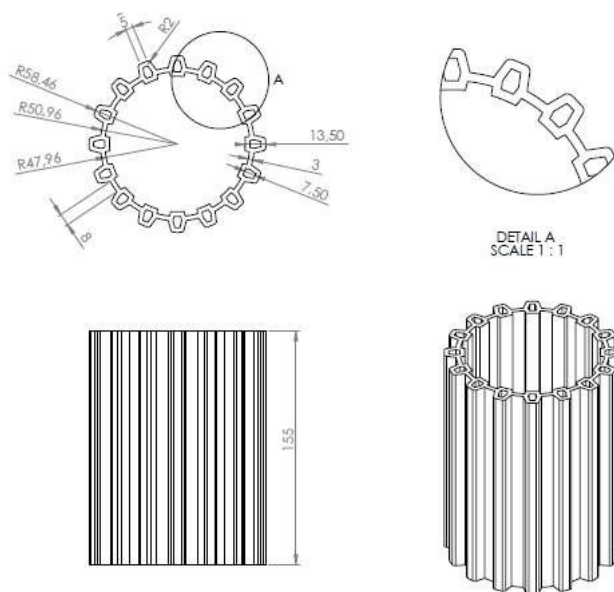


Figura 1 – Desenho de representação 3D de um dos cinco objetos da Coleção Gears.

Fonte: imagem cedida pela autora – Joana Barros.

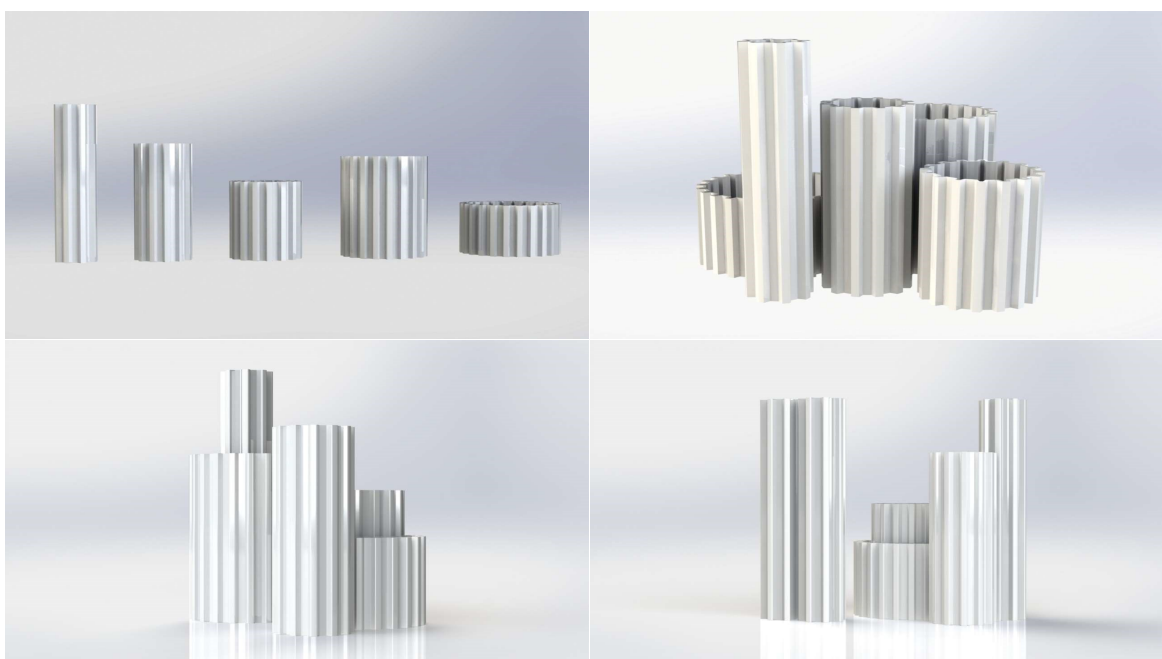


Figura 2 – Representação digital 3d da Coleção Gears.

Fonte: imagem cedida pela autora – Joana Barros.

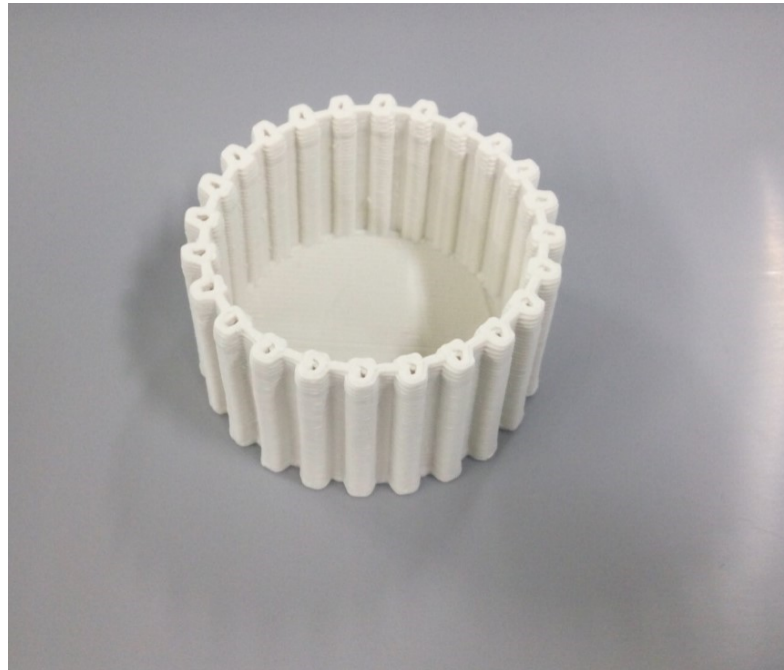


Figura 3 – Protótipo, em porcelana, de uma peça da Coleção Gears.

Fonte: imagem cedida pela autora – Joana Barros.

2.2 Projeto SPIRAL – Mariana Pereira

No projeto Spiral, desenvolvido com a aluna Mariana Pereira, foram projetados pequenos produtos cerâmicos inspirados em barras e varões normalmente produzidos em ferro fundido e cuja complexidade formal os afastariam de uma qualquer materialização através de tecnologias de conformação tradicionais. A pequena dimensão associada a uma certa preciosidade formal direciona estes objetos em porcelana para a joalheria que por um lado corresponde a um setor de maior valor acrescentado relativamente aos setores de aplicação mais comuns da cerâmica: utilitária e decorativa, pavimento e revestimento, estrutural e sanitários; por outro lado coloca o mais nobre dos materiais cerâmicos (porcelana) numa área de aplicação luxuosa, compatibilizando adequadamente os atributos perceptivos da nobreza deste material a par da preciosidade da platina, ouro ou prata [16].

Nas figuras 4 e 5 apresentam-se duas representações técnicas digitais 3D de dois dos quatro objetos cerâmicos que compõem a Coleção Spiral. Na figura 6 apresenta-se uma foto dos 4 objetos materializados por impressão 3D. Estas peças não são possíveis de serem conformáveis por prototipagem por extrusão, dado o seu elevado detalhe, pequena dimensão, necessidade de precisão dimensional e a presença de várias paredes verticais muito inclinadas que do ponto de vista de construção em camadas sucessivas de baixo para cima não oferecem suporte umas às outras no processo de prototipagem por extrusão.

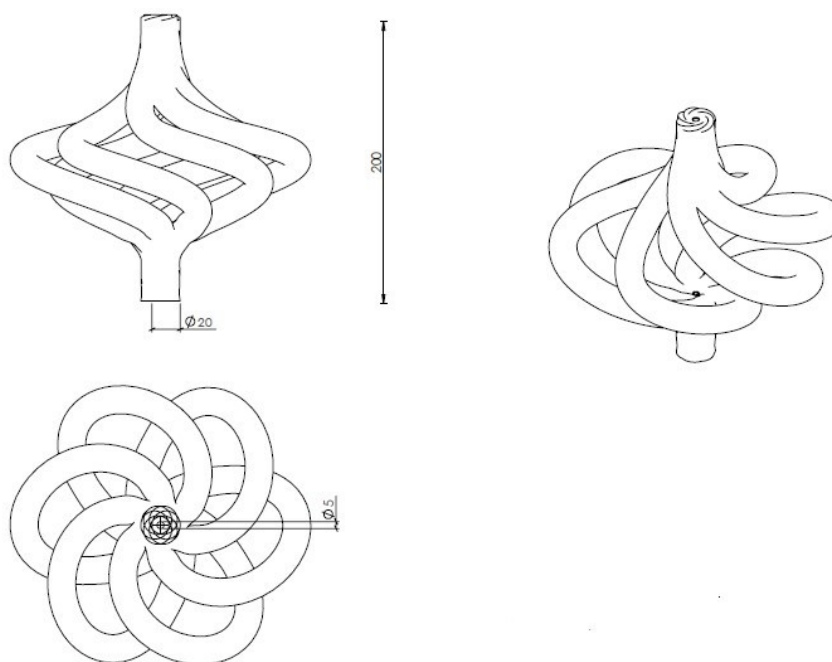


Figura 4 – Desenho de representação 3D de um dos objetos da Coleção Spiral.

Fonte: imagem cedida pela autora – Mariana Pereira.

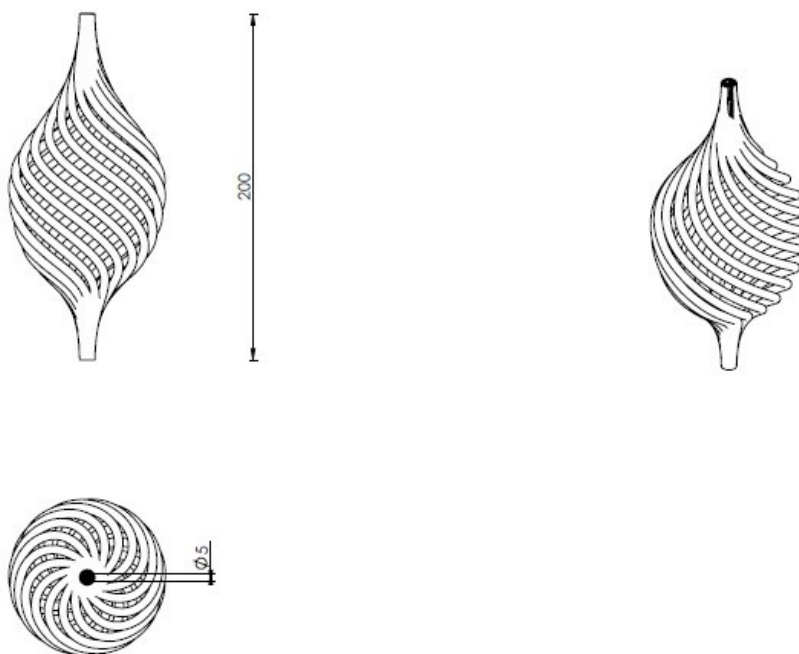


Figura 5 – Desenho de representação 3D de um dos objetos da Coleção Spiral, com representação de um furo com 5 mm.

Fonte: imagem cedida pela autora – Mariana Pereira.



Figura 6 – Protótipos de 4 objetos da coleção Spiral impressos em impressora 3D com gesso.

Fonte: imagem cedida pela autora – Mariana Pereira.

Por fim, ao término de ambos os projetos, após conformação as peças da Coleção Gears seguiram o protocolo recomendado para o processamento cerâmico industrial de porcelana nomeadamente acabamentos em verde, secagem e cozedura. Para fins de simplificação do processo industrial, ambas as peças concluíram o seu processamento na primeira cozedura (fase de “biscoito”). A peça obtida a partir de pasta plástica apresentou uma retração após cozedura de cerca de 16%.

No entanto, em trabalho posterior, podem ser sujeitas a vidragem, segunda cozedura, decoração e respectivas cozeduras. Pode-se assim potenciar inclusive a criação de novas linhas de produtos nomeadamente pela diferenciação através da cor do vidrado, ou mesmo dos variados tipos de decoração possíveis em porcelana.

Conclusão

A fabricação aditiva permite a conformação rápida de produtos cerâmicos usando dados tridimensionais de desenho assistido por computador.

A fabricação aditiva aproxima, com vantagem, os designers do processo produtivo na medida em que a representação gráfica 3D dos produtos criados em projeto de design é percursora dos ficheiros STL que estão na base da fabricação aditiva experimentada (prototipagem por extrusão e impressão 3D).

A fabricação aditiva tem um bom potencial na fabricação dos próprios produtos cerâmicos definitivos quer visando aplicações menos comuns, quer alargando o catálogo de produtos de empresas industriais (acrescentando peças complexas não conformáveis pelas tecnologias convencionais).

A prototipagem por extrusão materializou de forma fácil e rápida os produtos da coleção Gears impondo, no entanto, um acabamento de superfície rugoso que para ser anulado requer



esponjamento de acabamento que aumenta o custo associado à fabricação do produto. Será, portanto, um desafio para os designers valorizarem no produto este tipo de acabamento cuja morfologia poderá variar com o orifício de saída da cabeça extrusora (neste caso só dispusemos de uma saída com seção transversal circular). Ficou óbvio neste trabalho de que não se pode aplicar à prototipagem por extrusão a máxima de que se pode produzir qualquer forma, mesmo complexa.

A prototipagem por extrusão não tem resolução para peças da dimensão e da complexidade tipo dos produtos na coleção Spiral que foram materializados sem dificuldade por impressão 3 D de pós cerâmicos de gesso, resultando produtos com bom acabamento superficial. Admite-se que o uso de um pó de cerâmica de menor granulometria nesta tecnologia de fabricação aditiva permite a conformação de furos da ordem dos 5mm com maior rigor dimensional. A impressão 3D permitiu a prototipagem de peças cerâmicas com muito bom detalhe geométrico e com densidades em verde que permitem o seu fácil manuseamento.

A seleção de novas tecnologias de conformação cerâmica relativamente às tecnologias tradicionais, depende quase sempre da capacidade das primeiras ultrapassarem os limites das segundas. As tecnologias de conformação tradicionais, como o enchimento por via líquida de moldes de gesso ou poliméricos para alta pressão, as variantes da prensagem de pastas e de pós, ou o torneamento e a extrusão de pastas plásticas estão devidamente otimizadas, integradas em lay-outs produtivos altamente dominados que conduzem quase sempre a soluções de materialização industrial de relativo baixo custo e alta produtividade. A diversidade de tecnologias de conformação tradicionais ou convencionais disponíveis justifica-se quer pela capacidade de execução ou materialização formal dos diversos produtos cerâmicos, quer pelas características intrínsecas de cada tipo de pasta cerâmica nomeadamente pelas retrações típicas dos diferentes produtos cerâmicos. A relação entre forma e exequibilidade industrial dos respectivos produtos continua a ser um fator crítico da materialização de projetos de design cerâmicos. As novas tecnologias de conformação cerâmica como a impressão 3D, ou a prototipagem cerâmica nomeadamente a partir de cabeças extrusoras, apresentam-se potencialmente com a possibilidade de ultrapassar os limites formais dos produtos cerâmicos passíveis de serem materializados a partir das tecnologias tradicionais.

As tecnologias de fabricação aditiva ainda se encontram em fase de desenvolvimento apresentando algumas limitações relacionadas com a dimensão, precisão dimensional e nível de acabamentos dos produtos. Algumas destas limitações são simultaneamente desafios para os designers no sentido de tentarem valoriza-las no processo de design de produtos cerâmicos.

Referências

Análise SWOT do Setor da Cerâmica na Região Oeste; INTELI – Inteligência em Inovação, Centro de Inovação no âmbito do projecto Ceramica – “Ceramics and Crafts Industries' Increased Cooperation”, apoiado pelo Programa INTERREG IVC da CE, 2009.

ASHBY, Michael e JOHNSON, Kara. Materials and Design: The Art and Science of Material Selection in Product Design. 3ª Edição, 2013.

COELHO, Liliana. Factores de Competitividade do Sector Cerâmico: um estudo de caso; Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro, 2009.

FONSECA, António. Tecnologia do Processamento Cerâmico. Ed. Universidade Aberta, 2000.

FRADE, José. Inovação e Design. Cerâmica Portuguesa tradição e inovação, pág 94-95, Edição APICER – Associação Portuguesa das Indústrias de Cerâmica e Vidro, 2016.

HUSON, David. Materials and Process Innovation for 3D Printing of Ceramics. Research Fellow Centre for Fine Print Research. University of the West of England, 2009.

LINO, F.; NETO, Rui; A Prototipagem Rápida Na Indústria Cerâmica, Comparação Com Outros Sectores Industriais; Kéramica; (2003).

MARI, Eduardo. Los Materiales Ceramicos. Librería e Editorial Alsina, 1998.

MORITZ, Tassilo; PARTSCH, Uwe; ZIESCHE, Steffen; SCHEITHAUER, Uwe; AHLHELM, Matthias; SCHWARZER, Eric; RICHTER, Hans-Jürgen. Additive Manufacturing Of Ceramic Components. Annual Repport, 2014/2015.

PEREIRA, Maria. Factores de Competitividade e Desempenho Empresarial: um estudo aplicado ao sector da cerâmica em Portugal. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro, 2005.

YEONG, W.; YAP, C.; MAPAR, M. e CHUA C. State-of-the-art on seletive laser melting ceramics, 2013.

Sites – acessos em maio de 2017

Catálogo Vista Alegre; http://www.go-menu.pt/images/galeria/160114111737_626965.pdf

Catálogos SPAL; <http://www.spal.pt/index.php/catalogos>

<http://www.wasproject.it/w/en/3d-printing/>

<https://www.3dsystems.com/3d-printers>

Loja virtual Vista Alegre, <https://vistaalegre.com/pt/c/bestsellers-pt/?Cat=19365&Specs=&PageSize=48&Page=1&PriceL=0&PriceH=99999&ReturnProducts=false&SelGroups=&SelGrp=&InStock=0>