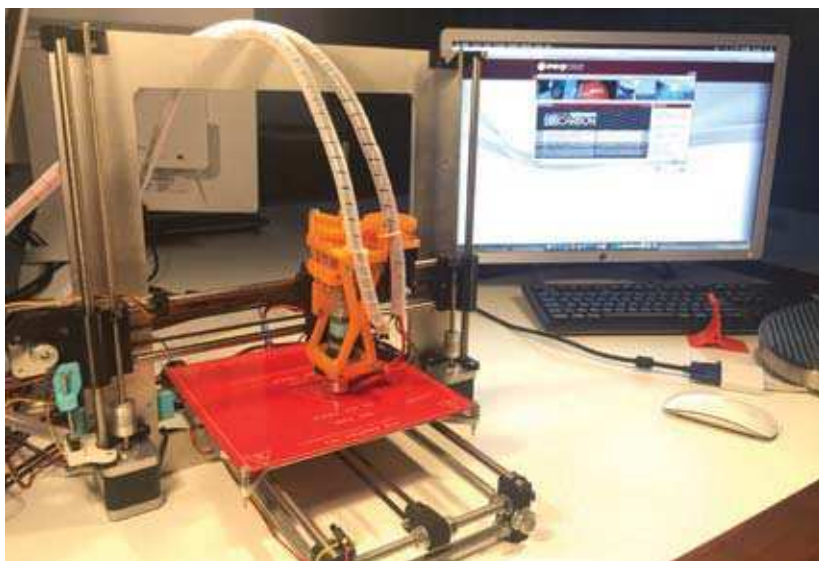


Impressão 3D de baixo custo aplicada à pasta de açúcar

Num futuro não muito longínquo será possível imprimir variados tipos de alimentos através de um extrusor e, simultaneamente, efetuar uma verificação nutricional originando refeições mais ricas e controladas. Este projeto consistiu no desenvolvimento de um extrusor que foi inserido numa plataforma *Open Source* Reprap Prusa i3, tornando o equipamento capaz de extrudir uma vasta gama de pastas alimentares focando-se, no entanto, na pasta de açúcar para o *cake desgin*.



de equipamento surge assim como uma opção para desbloquear essa barreira.

Para projetar corretamente o extrusor de pasta de açúcar foi previamente estudado um equipamento de impressão 3D *Open Source* (Reprap), onde seria adaptado o novo conceito proposto, identificando as principais dificuldades de execução. Neste contexto, foi realizado um trabalho experimental que envolveu a montagem, configuração e uso de uma impressora 3D Reprap Prusa i3. Este tipo de equipamento foi o que mais se enquadrou no tópico desta investigação, pela sua simplicidade, possibilidade de introdução de modificações e o seu baixo preço. Estas características tornaram-se ideais para este projeto, uma vez que o intuito era a criação de um novo componente aplicável a este tipo de equipamento, havendo uma desconstrução do extrusor existente na impressora.

CONSTRUÇÃO REPRAP PRUSA I3

Uma vez que o equipamento adquirido já era usado, este teve de ser desmontado para ser efetuada uma revisão de todos os componentes para uma posterior calibragem dos eixos e fins de curso. A montagem física deste equipamento foi dividida em quatro partes nas quais se enquadram os eixos e o tabuleiro aquecido (Figura 1). Sendo feita a divisão por

INTRODUÇÃO

No âmbito de uma dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica (MIEM) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), e em colaboração com o INEGI (Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial), foi desenvolvido um extrusor para ser aplicado numa impressora 3D de baixo custo [1]. Este componente foi concebido com o objetivo de extrudir uma vasta gama de pastas alimentares, desde a pasta de açúcar, às gelatinas, chocolate e até massa de bolacha, tornando possível impressões com materiais que antes não seriam considerados adequados para este tipo de tarefa. Com a evolução e rápido crescimento mundial desta área, este projeto tem cada vez mais relevância, tratando-se de uma oportunidade de crescimento de um setor ainda pouco explorado com a impressão 3D [2]. O conceito de impressão de pasta funciona baseando-se no princípio similar ao de

filamento polimérico, em que o material será extrudido por um ou mais bicos e depositado por camadas. O grande impedimento encontrado no desenvolvimento deste projeto deveu-se ao facto de que grande parte das pastas alimentares à temperatura ambiente terem uma consistência sólida. A criação deste tipo

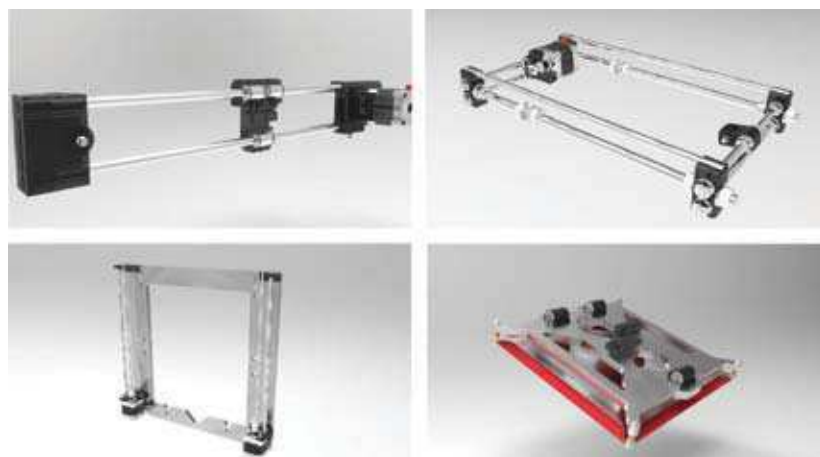


Figura 1. Módulos do equipamento; Eixo X (esquerda, cima); Eixo Y (direita, cima); Eixo Z (esquerda, baixo) e cama aquecida (direita, baixo).

eixos, as calibrações físicas efetuadas tornam-se mais simples e mais exatas. Uma vez que os estudos com o novo extrusor não iriam requerer o aquecimento do tabuleiro foi disponibilizada uma entrada para controlo de temperatura na eletrónica de comando do sistema (Ramps 1.4 e Arduino Mega 2560) permitindo, assim, ao extrusor utilizar duas etapas de aquecimento.

De uma maneira geral, o conjunto Arduino Mega 2560 e Ramps 1.4 é responsável por interpretar e executar todas as ações da impressora. A eletrónica de controlo e acionamento da máquina interage com o utilizador através de um *software* Host. A programação deste "cérebro" cria a ponte entre as características físicas do equipamento e os controlos disponíveis no *software* de *interface* utilizado, neste caso, o Repetier. Exemplificando, dando uma ordem de deslocamento de 10 milímetros terá de ocorrer uma deslocação efetiva dos 10 milímetros. Como o extrusor passou a ter uma mecânica completamente distinta do original foi necessária uma nova programação do *firmware* de controlo para que se tornasse compatível com o *software* de *interface*.

DESENVOLVIMENTO DO EXTRUSOR DE PASTA

O novo dispositivo (Figura 2) deveria oferecer vantagens relativamente aos extrusores de pasta já existentes. Estas vantagens relacionavam-se principalmente com os efeitos de controlo de temperaturas do material extrudido. Este controlo foi realizado através de duas zonas aquecidas, independentes, localizadas ao longo do corpo do extrusor e na extremidade inferior, de modo a haver uma revisão faseada da temperatura. Uma vez que a pasta de açúcar tem uma consistência bastante sólida à temperatura ambiente é fundamental este aquecimento em dois estágios. No primeiro seria amolecida, para que a pasta pudesse ser comprimida na direção de saída, e no segundo seria feito o controlo final de temperatura. De maneira a que o controlo de temperatura do material estivesse completo foi introduzido também um elemento de refrigeração após a extrusão, possibilitando um aumento da velocidade de impressão e melhorias de detalhes associados a uma solidificação mais rápida. O extrusor deveria ter um funcionamento e construção simples, permitindo a sua adaptação a um equipamento RepRap similar

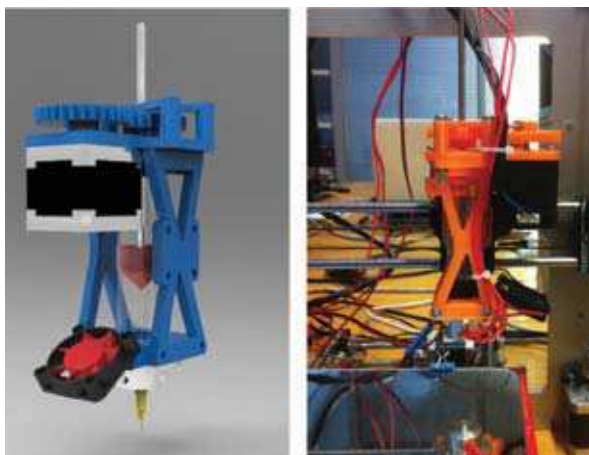


Figura 2. Extrusor de pasta; Render (esquerda) e componente final.

ao que iria ser montado. A aplicação do extrusor à estrutura Reprap teria que ser feita de forma simples e facilmente alterável para o extrusor original.

TESTES

Para introduzir os novos parâmetros de funcionamento tiveram que ser efetuados vários testes experimentais. Uma vez que o objetivo final era trabalhar com a pasta de açúcar, e este material adivinhava-se como sendo o mais difícil de extrudir, optou-se por utilizar na fase inicial pasta de chocolate Nutella® eliminando, assim, nesta fase, a dificuldade de controlo de diferentes temperaturas. Inicialmente foram realizados três tipos de testes para avaliar o comportamento do equipamento, sendo estes caracterizados por: deslocamento ao longo dos eixos cartesianos, movimentos do êmbolo, e aquecimento do extrusor. Posteriormente foram então realizados os testes com o material Nutella® (Figura 3) que incidiram em parâmetros de impressão, como o enchimento, as alturas de camada, e as velocidades de deposição relativamente à velocidade de deslocamento. De forma a estabelecer estes valores padrão usou-se o *software* de fatiamento Slic3r, que permitiu adquirir um conhecimento e desenvolvimento mais profundo destas propriedades.



Figura 3. Realização de testes de impressão com pasta Nutella®.

A partir dos padrões previamente definidos foram feitos os testes para a pasta de açúcar. Desta forma foram alteradas velocidades, padrões de enchimento, espes-

suras de camada, e inserido o controlo de temperaturas nas zonas de aquecimento do extrusor. Com este novo parâmetro introduzido foi possível extrudir pasta de açúcar (Figura 4) e verificar os maiores problemas provenientes da configuração anterior, sendo esta melhorada de uma forma iterativa. Foram efetuados testes de geometria, de deposição em ângulos, sobreposição de camadas e iterações de temperatura em ambos os elementos de aquecimento.



Figura 4. Testes de deposição de pasta de açúcar.

RESULTADOS

A Figura 5 mostra os resultados obtidos com as configurações finais de parâmetros de processo. Foram efetuadas impressões com formas simples com várias camadas de altura. Estas impressões, apesar de muito simples, representam o tipo de recursos que podem estar disponíveis

num futuro próximo, não só na área do *cake design* mas também na alimentação em geral.

CONCLUSÕES

Este projeto demonstrou que é possível ultrapassar barreiras existentes na indústria alimentar para aplicação da impressão 3D, permitindo aumentar a criatividade e introduzir esta tecnologia no *cake design*, área cuja impressão tridimensional ainda não foi muito explorada. O equipamento desenvolvido pode ser aplicado a todo o tipo de pastas, integrando o controlo de temperaturas, não sendo só o *cake design* beneficiado pela evolução em causa. O extrusor desenvolvido, apesar de funcional, é ainda um protótipo que está a ser objeto de melhorias significativas tendente à sua introdução no mercado.

AGRADECIMENTOS

Projeto SAESCTN-PII& DT/1/2011 co-financiado pelo Programa Operacional Regional do Norte (ON.2 – O Novo Norte), sob Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN), através do Fundo de Desenvolvimento Europeu Regional (FEDER).

REFERÊNCIAS

- [1] I. A. Ferreira, "Impressão Tridimensional de Baixo Custo de Pasta de Açúcar", Dissertação de Mestrado, MIEM, FEUP, fevereiro 2015;
- [2] H. Lipson, M. Kurman, "Fabricated: The New World of 3D Printing", ISBN: 978-1-118-35063-8, 320 pgs., february 2013. 📄



Figura 5. Objetos impressos em pasta de açúcar.