

## Experimental Paste Extrusion Mechanism for 3D Printing

Thiers Freire da Nóbrega<sup>1</sup>, Carlos Augusto Moreira da Nóbrega<sup>1</sup>, Andrés  
Martin Passaro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

[thiers.nobrega@fau.ufrj.br](mailto:thiers.nobrega@fau.ufrj.br)

[gutonobrega@eba.ufrj.br](mailto:gutonobrega@eba.ufrj.br)

[andrespasaro@fau.ufrj.br](mailto:andrespasaro@fau.ufrj.br)

**Abstract.** This communication informs about the development of a low-cost clay extrusion mechanism, adapted to a 3d printer, which will be used to support the study and practice of architecture in the context of a research laboratory. We believe that this research is a contribution to the 3D printing community and architectural academic environment. We understand that this project makes a valuable contribution to the academic environment by promoting the production of knowledge in the “do it yourself” way by allowing the acquisition of “know how” in a procedural way. There is an effort in making our extruder mechanism replicable by whoever is interested in understanding how the system works.

**Keywords:** Maker culture, Digital fabrication, 3D printing, Low-cost, Paste deposition modeling.

### 1 Introdução

O espírito da cultura maker (Anderson, 2012) e do open source, assim como as diversas possibilidades de trocas pela internet, que vem permitindo colaborações à distância a nível global, nos asseguram um vasto material de pesquisa e abertura transdisciplinar para o cruzamento de inúmeras competências tecnológicas e científicas. Com base nessa premissa, esta pesquisa investe, a partir do acesso ao conhecimento distribuído e do experimentalismo, no desenvolvimento e implementação de uma impressora 3D, cujo principal desafio é tornar acessível ferramentas tecnológicas de forma

mais democráticas, ao mesmo tempo que servir de instrumentação para pesquisa e inovação em processos de prototipagem rápida e de construção aos estudos de arquitetura e design de espaços habitáveis.

Um dos desafios encontrados durante este estudo foi associar as diversas informações coletadas de forma coerente e funcional para o êxito deste projeto. Devido a profusão de documentação e know how disseminado nas redes, o conhecimento distribuído e de fácil acesso facilitou processos de invenção e prototipagem ora confinados nos grandes centros industriais ou mesmo nos círculos dos laboratórios acadêmicos, restritos aos grupos de pesquisa fechados nas universidades. Na verdade, a cultura Maker, com seus laboratórios de fabricação (FabLabs), tem se proliferado mesmo nos ambientes universitários acadêmicos (Marini, 2019), inovando metodologias e fazeres. No entanto, informação é algo que precisa ser tratado, elaborado e organizado, de modo que possa nos servir, sobretudo em processos de invenção estilo “maker”, no qual o desenvolvimento é muitas das vezes não linear, pois não se parte de única fonte ou instrução. Interpretar, imaginar, experimentar, são pontos fundamentais dessa dinâmica. Por esta razão, podemos argumentar que o problema principal desta investigação pode ser delimitado pela seleção experimental de soluções criativas, fora das prateleiras comerciais e de baixo custo, que otimizem um sistema viável, em nosso caso, uma máquina de impressão 3D para material pastoso.

Nas seções seguintes iremos tratar deste problema, apontando o estado da arte das soluções disponíveis comercialmente, assim como iniciativas inventadas por outros fazedores. Iremos focar na parte estrutural das impressoras analisadas, principalmente nos mecanismos de extrusão do material pastoso e relatar nosso investimento em buscar soluções eficientes e de baixo custo para construção de nosso mecanismo. Abordaremos também neste artigo questões sobre o código, adaptações no firmware e métodos de elaboração do g-code. Enfatizamos que propósito principal desta investigação é facilitar a curva de aprendizado de arquitetos, designers, artistas e demais interessados no universo da impressão 3D, através da prática construtiva de impressoras. Em outras palavras, aprender através do fazer.

## **2 Definição do Problema**

Numa pesquisa preliminar observamos diversas soluções praticadas por makers na tentativa de viabilizar sistemas pneumáticos de extrusão pressurizados por bombeamento de ar ou mesmo por eixos helicoidais (Keep, 2020; Hammerly, 2021; Cera 2021). Alguns destes sistemas mostraram-se inviáveis ao nosso contexto, devido a sua complexidade ou principalmente ao

alto custo dos componentes utilizados, como por exemplo, motores de passo de alto torque, engrenagem de redução comerciais, etc. Como veremos detalhadamente nas próximas seções, buscamos reduzir custos focando na prototipagem de nossas próprias peças com a ajuda de uma impressora 3D FDM (fused deposition modeling) de filamento plástico. Este primeiro movimento resultou de uma metodologia investigativa com base em empirismo. Sua adoção nos permitiu um significativo aprofundamento nos mecanismos de prototipagem, nos quais máquinas 3D são utilizadas na construção de outras máquinas 3D, ou para finalidades diversas de invenção. Este alcance trazido pela lógica e pioneirismo da cultura Maker foi fundamental ao desdobramento desta pesquisa.

O material a ser impresso escolhido para o nosso projeto foi a argila. O objetivo futuro é a construção de um sistema de extrusão de argamassa para o braço robótico recentemente adquirido pelo LAMO, laboratório de pesquisa da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Contudo, optamos por enfrentar os problemas da argila pela facilidade de aquisição da mesma, pelo interesse em processos de queima da peça impressa e pela diversidade de projetos encontrados nesta direção. Argilas são classificadas dentro do grupo conhecido como “argilominerais” (Abceram, 2016) que variam segundo combinações de silicato de alumínio, magnésio hidratado, ferro, potássio, lítio, etc. Argilas apresentam entre suas principais propriedades a plasticidade e viscosidade de suspensão aquosa que a tornam muito atraente entre os materiais usados em construção. Apresentam capacidade de ser moldada e compactada e secagem linear (Abceram, 2016). Contudo, sua viscosidade e densidade é o que também a torna um material de grande aderência às vias extrusoras, exigindo controle de pressão adequada a sua extrusão. Um dos nossos desafios foi equacionar o equilíbrio da fluidez, alterando o composto, principalmente através da água, sem contudo perder propriedades essenciais do material, assim como adequar o sistema de torque da cabeça extrusora à pressão ideal. O recomendado para que se melhore a fluidez da argila, sem a perda de suas propriedades originais, seria adicionar filossilicatos (Teixeira-Neto & Teixeira-Neto, 2009) ao invés da água. Uma passagem da argila por malha #60 também ajuda a afinar o grão e consequentemente deixa-la na consistência ideal.

### **3 Metodologias**

Esta é uma pesquisa voltada para produção de conhecimento objetivando aplicação laboratorial e concepção de novas soluções no contexto da prototipagem, visando aplicação no meio arquitetônico. Se utiliza de

metodologia empírico-experimental para o desenvolvimento de dispositivos técnicos, a saber, sistema de compressão, retração e extrusão pastosa. A partir de coleta de dados qualitativos, pesquisamos inicialmente o estado da arte das soluções existentes na rede, focando prioritariamente nos sistemas DIY (faça você mesmo) segundo iniciativas de makers e pesquisadores da área. Na internet encontra-se vasto material, disponível em vários níveis de complexidade. Algumas soluções se mostraram inviáveis devido ao custo elevado dos componentes importados. Como informado anteriormente, nosso objetivo principal é buscar uma solução funcional porém barata. Ao iniciar nossa investigação focamos em entender o funcionamento dos mecanismos e estudar sua viabilidade como uma possível solução para nossas necessidades, levando-se em consideração a possibilidade de poder imprimir nossas próprias peças.

### **3.1 Das Soluções Encontradas no Mercado**

Existem no mercado internacional alguns tipos de impressoras 3D de extrusão de argila que se tornaram populares entre os entusiastas em impressão 3D e cerâmica (Ruscitti, A.; Tapia, C.; & Rendtorff, N. M., 2020, p.361). Algumas das marcas que mais se destacam por serem as primeiras iniciativas comerciais são a 3D Potter (<https://3dpotter.com/>) e a Wasp (<https://www.3dwasp.com/en/>), sendo de fabricação americana e italiana respectivamente. Estas são impressoras com funcionamento bem distintos. Em nossa pesquisa focamos no modelo da linha Potterbot, por esta oferecer algumas vantagens a uma possível adaptação Maker. A Potterbot da empresa 3D Potter, utiliza um compartimento cilíndrico cujo material pastoso depositado em seu interior sofre a pressão de um êmbolo, à maneira de uma grande seringa. O diferencial dessa impressora é que a mesma faz a extrusão diretamente da ponta do mecanismo extrusor para a mesa, apresentando a vantagem de permitir trabalhar com materiais mais densos e ter um maior controle na retração do material (Ruscitti, A.; Tapia, C.; & Rendtorff, N. M., 2020, p.359).

Tanto as impressoras Potterbot quanto as da Wasp tem como produto de entrada impressoras na faixa de três mil dólares, preço relativamente alto para a realidade brasileira, cujo valor final sofre considerável acréscimo devido às taxas de importação e envio.

### **3.2 Alternativas Do It Yourself**

Buscando por soluções alternativas e acessíveis ao desenvolvimento de nossa impressora 3D para argila, nos deparamos com o trabalho inspirador e bem documentado de Jonathan Keep. Este artista ceramista Sul Africano, atualmente atuando no Reino Unido, publicou em seu site (Keep, 2020) um

guia de como montar uma impressora 3D de cerâmica de maneira DIY, o qual apresenta um mecanismo de extrusão feito de maneira simples a partir de materiais fáceis de se encontrar. O sistema de Keep funciona como uma grande seringa, tendo seu êmbolo tracionado por um eixo acoplado a um motor de passo Nema 17, modelo 17HS4401 de 4,2kgf, através de uma caixa de engrenagem planetária para aumento do torque do motor. Esta grande seringa fica suspensa por um cabo ao lado da impressora 3D e traciona o fluido pastoso até o mecanismo de extrusão final, que pode ser considerada uma etapa extrusora secundária de ajuste fino. Este mecanismo é composto por um cilindro de nylon com um furo em seu centro e outro na lateral. No meio desta peça encontra-se um fuso helicoidal, que recebe e opera a argila extrudada da primeira etapa do sistema, permitindo desta forma um controle fino do processo. Nas imagens que seguem podemos identificar a disposição do sistema e imaginar seu funcionamento.



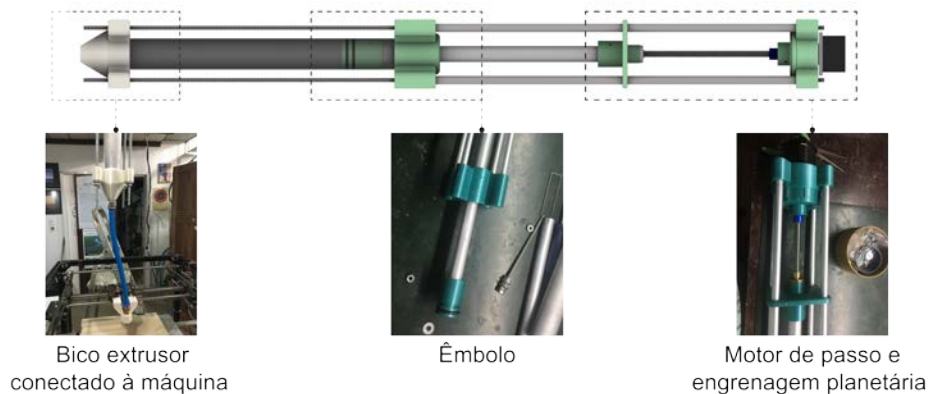
**Fig. 1 e 2** Na esquerda podemos observar peças, do bico extrusor, desmontadas. À direita vemos a parte de tração de argila montada. Fonte: <http://www.keep-art.co.uk/printhead.html>

#### 4 Desenvolvimento de Nosso Sistema

Optamos por adotar um sistema de extrusão único combinado em formato de seringa composto de um êmbolo, câmara de armazenamento e bico. O mecanismo de extrusão secundário não foi implementado em nosso sistema, visto que aumentaria a complexidade e o custo do projeto. Esta subtração não afetou o rendimento da impressora, já que foi possível criar um fluxo contínuo de material, tendo como controlador um único motor, assim como o utilizado nas impressoras da empresa 3DPotterBot. O grande desafio desse sistema foi obter um torque potente o suficiente para o controle de fluxo e retração do material.

#### 4.1 Sistema de Extrusão

O principal desafio em nosso projeto foi conseguir o torque ideal do extrusor, mantendo o motor Nema 17 modelo 17HS19-1684S-PG27, de baixo torque, comum em impressoras 3Ds. No projeto de Keep (2013) este Nema 17 17HS19-1684S-PG27 atua acoplado a uma caixa de engrenagem planetária. Esta caixa é responsável por multiplicar o seu torque em relação 27:1, que é a razão relacional entre as velocidades rotacionadas das engrenagens interligadas. Por exemplo, quando a engrenagem central ligada ao motor de passo gira vinte sete vezes, a barra rosqueada ligada ao final do sistema gira uma vez. Por se tratar de um dispositivo relativamente caro para a nossa realidade e buscando manter o espírito de fabricação Maker, optamos por imprimir nossa própria caixa de redução a partir de mecanismos pré-modelados disponíveis na rede. Uns dos recursos disseminados pela cultura maker são sites de compartilhamento de arquivos de projetos desenvolvidos pela comunidade de criadores em caráter OpenSource. Tais projetos, de natureza gratuita, são disponibilizados para serem baixados e impressos em máquinas 3D. Num desses repositórios de modelos 3D, o Thingiverse (<https://www.thingiverse.com/>), encontramos uma engrenagem planetária de relação 37:1, o qual julgamos suficientemente potente para nosso propósito. Foi necessário fazer uma adaptação em sua modelagem, para que a engrenagem primária se encaixasse adequadamente no eixo do Nema 17 17HS19-1684S-PG27. É importante ressaltar que os arquivos encontrados neste site são abertos, permitem modificações e mixagens e isso retorna para a comunidade na forma de desdobramentos que auxiliam novos projetos. O mecanismo completo, composto do motor Nema 17, fuso rosçado, êmbolo, tubo e bico pode ser visto em detalhes na figura 3.



**Figura 3.** Mostra o modelo 3D do mecanismo e as partes produzidas a partir dele.  
Fonte: Thiers Freire da Nóbrega, 2021.

As peças do mecanismo funcionam em conjunto, o motor de passo acoplado à engrenagem planetária pressiona a argila dentro do cilindro de alumínio através do pistão e seu êmbolo. A peça que empurra o pistão foi construída a partir de uma impressão 3D e é tracionada pela barra roscada através de uma castanha metálica. Esta peça precisou ter quatro furos, onde passam barras lisas e servem como guias, estabilizando todo o mecanismo. Algumas das partes deste sistema foram aproveitadas de sucata, como o fuso roscado, derivado de partes sobressalentes de uma impressora antiga. As barras lisas ficam entre o motor e o cilindro de compartimento do material pastoso e são fixadas respectivamente no motor e no tubo extrusor. Todo acoplamento entre o cilindro de alumínio, o motor e o bico foram impressos em PLA numa impressora 3D.

O coração de nosso extrusor é um compartimento cilíndrico de alumínio de cinco centímetros de diâmetro, o qual recebe o material pastoso (argila, ou futuramente argamassa). No interior deste cilindro encontra-se um êmbolo, feito também em impressão 3D, circundado por um anel de vedação. Este êmbolo é diretamente ligado ao fuso roscado e acoplado ao eixo do Nema para tracionamento. A ponta do cilindro de alumínio, corpo do extrusor, recebe uma peça, também modelada em 3D, a qual permite rosquear um engate pneumático rápido para acoplamento de uma mangueira de teflon de cinco milímetros de diâmetro interno. Esta mangueira é responsável por encaminhar o material pastoso até a cabeça da impressora. Esta transmissão da pasta através de uma mangueira extensora permitiu certa mobilidade entre o mecanismo extrusor e a impressora. Como podemos ver à esquerda na figura 3, o cilindro de tracionamento da pasta pode ficar completamente independente da etapa de impressão, suspenso diretamente acima da impressora 3D, permitindo a mobilidade necessária para que a cabeça, que foi adaptada para se encaixar onde ficava o extrusor plástico da impressora, pudesse se movimentar livremente pelo sistema.

#### **4.2 Problemas e soluções**

O principal problema encontrado nesta primeira etapa do nosso protótipo está relacionado ao torque do motor e a saída para a mangueira acoplada no cilindro extrusor. Mesmo com a engrenagem redutora criada, o mecanismo ocasionalmente mostrou-se sem força. O uso de graxa lubrificante ajudou a compensar atrito natural das engrenagens da caixa redutora, impressas em PLA. Mesmo assim não foi suficiente. A solução veio com o tratamento da argila de forma a torna-la menos densa e mais fluida. Para isso adicionamos água numa proporção de 10% até conseguir uma condição pastosa da mistura,



semelhante a uma massa de bolo. Também recomenda-se passar a argila por uma malha #60 para afinar o grão. Como comentado anteriormente, o recomendado para fluidificação da argila é utilizar silicato de sódio, pois a água em certa medida afeta a viscosidade e propriedades originais do material. Contudo, por falta deste componente e devido ao nosso interesse nas questões mecânicas deste projeto, utilizamos água.


A peça modelada em 3D para a extremidade do cilindro extrusor precisou ser refeita de forma a não conter ângulos retos, evitando assim o aumento de pressão no interior do tubo. Isso alivia a força empregada pelo motor e permite um bom funcionamento do sistema com motores de menos torque e mais baratos.

### 4.3 Firmware

Para o funcionamento ideal da impressora, uma edição no firmware da placa de controle foi necessária para que a mesma se compatibilizasse com o novo mecanismo. Em uma impressora 3D convencional FDM existem saídas da placa mãe, usadas para controlar os motores de passo de cada eixo cartesiano XYZ. Geralmente são cinco ao todo, duas dessas saídas são utilizadas para controlar dois possíveis motores de extrusão, já que algumas máquinas FDM conseguem fazer extrusão simultânea de dois filamentos. A placa controladora usada em nosso projeto foi a MKS Gen L V1.0, conjugada a um microcontrolador ATmega2560 de 8 bits. Esta é uma placa controladora de baixo custo, cujo firmware utilizado é o Marlin, um firmware open source criado inicialmente para o projeto RepRap de impressora 3D Open Source (<https://reprap.org/wiki/RepRap>). Por ser open source o Marlin foi constantemente atualizado pela própria comunidade. O projeto de impressão 3D criado por Jonathan Keep também utiliza o Marlin para controle da máquina e traz informações onde alterações no código foram necessárias. Basicamente a alteração consiste em acessar a biblioteca “Configuration.h” no firmware do Marlin e na linha “#define DEFAULT\_AXIS\_STEPS\_PER\_UNIT”, responsável pelo controle de velocidade de rotação de cada motor e modificar os parâmetros conforme apresentado na figura 4.

```
/**
 * Default Axis Steps Per Unit (steps/mm)
 * Override with M92
 *
 *                               X, Y, Z, E0 [, E1[, E2...]]
 */
#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT { 100, 100, 400, 100 }

#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT { 100, 100, 400, 200 }
```





**Figura 4.** Demonstra a linha de código que precisa ser modificada no firmware.  
Fonte: Thiers Freire da Nóbrega, 2021.

Os números em parênteses representam a quantidade de giros por minuto de cada motor, sendo X, Y, Z, E0/E1 respectivamente. O número a ser modificado foi o quarto em série, que representa a quantidade de giros por minuto do motor de passo do extrusor, o valor padrão é de “100” e deve ser modificado para “200”. Após esta troca, a velocidade de rotação que o motor aplica na barra roscada, é aumentada. Esse procedimento é necessário para compensar o uso da caixa de redução, que deixaria a rotação do eixo demasiadamente lenta, se usássemos a configuração padrão do código.

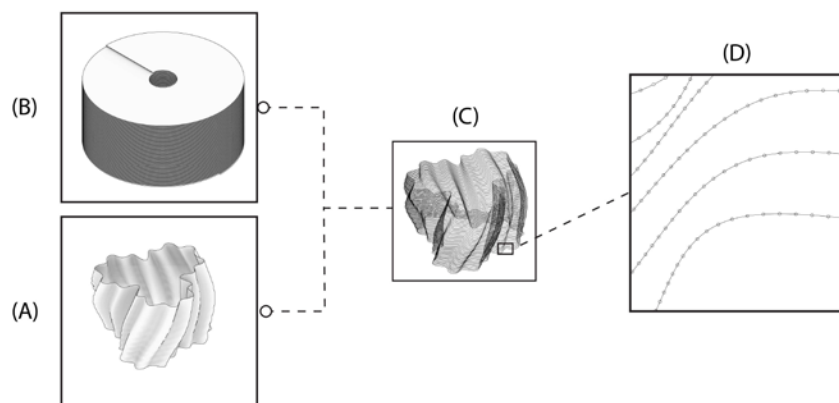
#### 4.4 G-code Grasshopper/Rhino

A última etapa a ser cumprida para otimizar o funcionamento do mecanismo foi gerar o código de fatiamento, o g-code, responsável por fornecer as coordenadas de movimento para a máquina numa linguagem alfanumérica capaz de ser lida e executada pelo firmware instalado na placa controladora da impressora (Cuevas, Pugliese, 2020, p.31). Existem diversas interfaces para se produzir o g-code, como o Cura, Repetier ou Octoprint, entre as mais conhecidas (Locker, 2021). No entanto, tais programas são pré-configurados para impressão 3D em filamento plástico e não material pastoso como a argila. Nas documentações de Jonathan Keep (Keep 2020) encontramos configurações usadas para o programa Cura, que adaptam os comandos previstos para o plástico à saída de impressão para material pastoso.

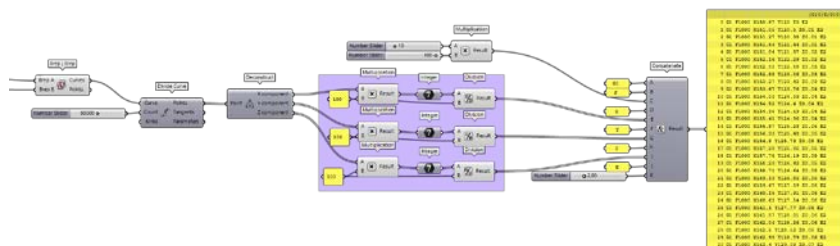
Basicamente trata-se de uma alteração no fluxo do filamento que muda as configurações do diâmetro do bocal do bico extrusor e o diâmetro do filamento usado. Esses valores são importantes pois eles afetam diretamente a velocidade do giro do motor. Isso acontece pois se o valor de *setup* do diâmetro do filamento é muito alto, o programa entende que existe bastante material chegando ao extrusor e o fluxo precisa ser lento (Keep 2020). Esse método funciona pois a lógica de movimento do mecanismo de extrusão, tanto em fluido pastoso como em filamento plástico, é a mesma, ambas são controladas a partir da quantidade de giros por minuto dada pelo motor de passo.

Esta modificação no código foi aplicada por Keep diretamente no Cura na hora do fatiamento do modelo a ser impresso. No entanto, adotamos o método recomendado por Diego Garcia Cuevas e Gianluca Pugliese em seu livro “Advanced 3D Printing” (2020). Nesta obra os autores mostram como gerar o

Através desse procedimento obtivemos um resultado satisfatório, eliminando uma etapa do processo e conseguindo um maior controle sobre a máquina. Tal controle nos permite gerar uma maneira de fatiamento do modelo a partir da geometria desejada, gerando o melhor caminho a ser percorrido pelo mecanismo de extrusão.



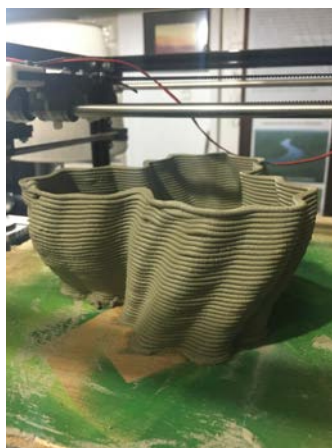
**Figura 5.** Mostra as geometrias que são sobrepostas gerando uma linha em sua intercessão, que em seguida é transformada em pontos para extrair suas coordenadas. Fonte: Thiers Freire da Nóbrega, 2021.



**Figura 6.** Indica a parte do código do grasshopper que extrai as coordenadas dos pontos e transforma em g-code, para se enviar à impressora 3D. Fonte: Thiers Freire da Nóbrega, 2021.

## 5 Resultados

A partir dos sistemas de extrusão estudados foi possível desenvolver nosso próprio mecanismo extrusor baseado em uma peça única, o que se alinha com a nossa proposta de economia e simplicidade. Como relatado anteriormente, nosso maior desafio foi solucionar o pouco torque entregue pelo motor de baixo custo utilizado inicialmente. Esse problema foi resolvido com a impressão de uma engrenagem planetária de redução, disponível em uma comunidade online de compartilhamento de modelos 3D open source. O mecanismo inicial mostrou algumas complicações que foram resolvidas com lubrificação, fluidificação da argila e remodelagem de algumas peças do sistema. Uma edição no firmware foi feita para adequar a velocidade de rotação do motor à engrenagem redutora utilizada, isso equilibrou as constantes entre velocidade rotacional do motor e vazão do material pastoso. A última etapa da nossa investigação foi conseguir otimizar o funcionamento da máquina através dos programas Rhinoceros e seu plugin, o Grasshopper. Isso foi feito a partir de uma definição criada no Grasshopper, possibilitando dessa forma o controle fino do processo de impressão.



**Figura 7.** Impressão 3D criada pelo nosso mecanismo. Fonte: Thiers Freire da Nóbrega, 2021.

## 6 Discussão

Amparados pelo espírito inventivo, nosso projeto buscou por soluções práticas e viáveis à construção de máquinas que, mesmo na atualidade, tem se mostrado proibitivas às pesquisas amparadas por baixos recursos, ao estudante pesquisador em início de carreira ou mesmo ao cidadão comum com aspirações criativas no campo do design e da construção. Com disponibilidade tecnológica, alicerçada pela diminuição gradual dos custos, acesso à informação via internet e cultura open Source, abre-se um campo de possibilidades promissoras, especialmente no domínio da pesquisa acadêmica. Laboratórios de pesquisa universitário são polos de experimentação formadores de novas gerações de criadores. A pesquisa transdisciplinar, que conjuga competências no campo da eletrônica, programação, arquitetura, engenharia e demais campos associados são base para o exercício colaborativo que norteia uma nova geração de criativos.

A partir do mecanismo de extrusão desenvolvido foi possível executar testes de impressão de variadas complexidades, provando portanto, o potencial desta pesquisa. Testes foram executados para calibrar as configurações e entender a reação da máquina de acordo com as mudanças no código e assim fazer ajustes e obter melhores resultados. Acreditamos que estes dados poderão servir de referência à pesquisas que estejam interessadas em desenvolvimentos neste campo de impressão pastosa, tanto no meio acadêmico quanto à cultura open source.

O exercício deste fazer prático-teórico permitirá equipar nossos laboratórios com maquinário especializado, porém de baixo custo (recurso fundamental à universidade pública), assim como desenvolver rede de trabalho colaborativo, cuja documentação registra uma gama de conhecimento de forma aplicada e de possível replicabilidade. Reiteramos que esta pesquisa tem por finalidade, não apenas apresentar soluções à criação de uma impressora 3D para argila, mas sobretudo, através de sua documentação, indicar caminhos criativos para a invenção no universo Maker, respeitando-se o domínio, capacidade e curiosidade individuais. O foco de nosso trabalho encontra-se no processo.

Podemos dizer que este projeto é fruto de uma investigação a nível de graduação que alicerça uma plataforma que tem por finalidade servir de base para futuras experimentações no campo da pesquisa em máquinas de prototipagem e alternativas modulares no processo de construção arquitetônica e civil. Especificamente, focamos no desenvolvimento de uma impressora 3d, de baixo custo, customizável, para material pastoso, produzida no contexto da cultura maker do “faça você mesmo” (Do It Yourself). A partir dos resultados obtidos nessa pesquisa, a próxima etapa de nossa investigação será experimentar com o aumento do torque e da capacidade cúbica de nosso

sistema, de forma a pavimentar um caminho para os estudos de impressão em argamassa.

### Referência Bibliográfica

- Abceram, Matérias primas naturais. (2016). Retrieved July 22, 2021, from <https://abceram.org.br/materias-primas-naturais/>
- Anderson, C. (2012). Makers - a Nova Revolução Industrial. Elsevier - Campus.
- Cera B. (2021). Retrieved July 22, 2021, from <https://sites.google.com/site/openprojectspage/>
- Cuevas, D. G., & Pugliese, G. (2020). Advanced 3D Printing: With Grasshopper Clay and FDM: Independent. MARINI, E. (2019). A expansão da Cultura Maker nas escolas brasileiras. Retrieved July 23, 2021, from <https://revistaeducacao.com.br/2019/02/18/cultura-maker-escolas/>
- Hammerly C. (2021). Retrieved July 22, 2021, from <https://www.hammerlyceramics.com/>
- Keep, J. (2020). A Guide to Clay 3D Printing. Retrieved July 22, 2021, from <http://www.keep-art.co.uk/Journal/JKeep-Guide%20to%20Clay%203D%20Printing%20-%202020.pdf>
- Locker, A. (2021). Best 3D Printer Slicer Software in 2021. Retrieved July 22, 2021, from <https://all3dp.com/1/best-3d-slicer-software-3d-printer/>
- Ruscitti, A., Tapia, C., & Rendtorff, N. M. (2020). A review on additive manufacturing of ceramic materials based on extrusion processes of clay pastes. *Cerâmica*, 66(380), 354 - 366.
- Teixeira-Neto, É., & Teixeira-Neto, Â. A. (2009). Modificação química de argilas: desafios científicos e tecnológicos para obtenção de novos produtos com maior valor agregado. *Química Nova*, 32(3), 809-817. DOI: 10.1590/S0100-40422009000300023