



USO DE RESINA DE ALTA TEMPERATURA PARA FABRICAÇÃO DE MOLDE PARAMÉTRICO DE INJEÇÃO RESFRIADO UTILIZANDO POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE RECICLADO

USE OF HIGH TEMPERATURE RESIN TO MANUFACTURE A PARAMETRIC COOLED INJECTION MOLD USING RECYCLED HDPE

MANRIQUE, Mario Ruiz¹,
LAURENTINO, Auta Luciana²,
MENDES, Leticia Teixeira³

Resumo

Apresentamos neste artigo um experimento que envolve a produção de moldes desenvolvidos com modelagem paramétrica e produzido em impressora 3D com resina de alta temperatura para injetar Polietileno de Alta Densidade reciclado. Esta pesquisa vem sendo desenvolvida no Programa de Pós-graduação em Design, em parceria com os Laboratórios GRE3D e Plástico Precioso da Universidade Federal de Pernambuco. Trata-se de uma pesquisa de cunho exploratório, com abordagem qualitativa. Como resultado, apresenta-se a experiência de produção de moldes de baixo custo para confecção de objetos.

Palavras-chave: materiais didáticos; modelagem paramétrica: moldes em resina.

Abstract

In this article, we present an experiment that involves the production of molds developed with parametric modeling and produced in a 3D printer with high-temperature resin to inject recycled High-Density Polyethylene. This research has been developed in the Graduate Program in Design, in partnership with the GRE3D and Precious Plastic Laboratories of the Federal University of Pernambuco. This is an exploratory research with a qualitative approach. As a result, the experience of producing low-cost molds for making objects is presented.

Keywords: teaching materials; parametric modeling; resin's molds

¹Universidade Federal de Pernambuco, <https://orcid.org/0000-0002-9000-2960>, mario.ruiz@ufpe.br

²Universidade Federal de Pernambuco, <https://orcid.org/0000-0002-3478-5614>, auta.laurentino@ufpe.br

³ Universidade Federal de Pernambuco, <https://orcid.org/0000-0002-1011-1420>, leticia.mendes@ufpe.br

1. Introdução

Desde o período que os seres humanos dominaram a técnica de trabalhar com metais, especialmente durante a Era do Bronze, que ocorreu, aproximadamente, 4000 a 1500 a.C., tem sido comum o uso de moldes na fabricação de diversas peças, especialmente artefatos de armamento, como espadas, capacetes, martelos, escudos, entre outros (DIAS, 2024), já que os exércitos eram numerosos, então, fabricar o mesmo elemento mais de uma vez de maneira artesanal sempre implicava em um tempo maior de produção, e uma dificuldade de replicar o modelo anterior, sobretudo, fica mais evidente se o comparamos com o que hoje conhecemos como produção em série.

Este artigo integra a pesquisa de mestrado intitulada ‘Plastificar para desplastificar: Resolução de um Sistema Democrático para a confecção de modelos didáticos feitos a partir de Polietileno de Alta Densidade Reciclado’, que vem sendo desenvolvida no Programa de Pós-graduação em Design, da Universidade Federal de Pernambuco. O trabalho possui cunho exploratório, com abordagem qualitativa e objetiva apresentar o desenvolvimento de moldes de baixo custo para injeção de plástico reciclado, produzido com tecnologia de fabricação digital (impressora 3D) para a criação de material didático. Como parte da pesquisa, em desenvolvimento, o presente artigo apresenta a experiência de produção de molde para injeção de plástico reciclado para confecção de uma medalha para evento esportivo.

Ao ser um projeto trabalhado em parceria com os Laboratórios GRE3D e Plástico Precioso do Departamento de Expressão Gráfica da UFPE, escolheu-se adotar o material que o laboratório já utiliza para grande parte dos seus projetos, o Polietileno de Alta Densidade (PEAD) reciclado. Por esse motivo, de acordo com o pensamento do designer Papanek (1973, p.23): “design é o esforço consciente para impor uma ordem significativa” e quando essa ordem vem acompanhada de responsabilidade social, o design vira algo transcendental”. Sendo assim, o projeto busca desenvolver um sistema acessível que permita injetar plástico PEAD reciclado para produzir modelos didáticos ou qualquer outro tipo de projeto usando a técnica de injeção na sua feitura.

2. O software usado para a Modelagem 3D

O software usado para a modelagem do projeto foi o Rhinoceros 3D: primeiramente por ser um software o qual dominamos; e segundo, é um software que permite uma modelagem tanto de projetos geométricos quanto projetos mais orgânicos, tratando-se de uma ferramenta precisa - fator de suma importância quanto às dimensões, possibilitando projetar utilizando-se décimos de milímetro; por último outro fator a ser considerado é que

o software permite realizar modelagem paramétrica, por meio do plug-in “Grasshopper”¹. Esse tipo de modelagem é feita segundo Monedero (2000) ao inserir elementos com características próprias, essas características podem ser alteradas no momento exato da sua inserção.

3. Desenvolvimento do Molde

Criar moldes a partir de impressão 3D (Manufatura Aditiva) não é um processo inovador, a empresa líder no mercado e desenvolvedora da tecnologia, já faz isso há tempos, a Stratasys (2024) oferece a tecnologia com inúmeros materiais para projetos variados. Mesmo assim, essa tecnologia não é acessível à realidade deste projeto.

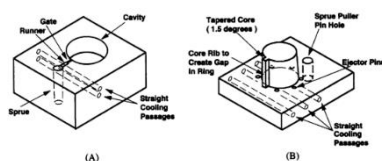
Dentro dos elementos que constituem um molde, existem aspectos importantes para sua construção, exemplo: criar veias de entrada fluidas, sem curvas fechadas ou ângulos retos ou agudos, definir canais de escape (pequenos canais que permitam a saída do ar que possa ter ficado preso ao fechar o molde). Existem uma série de informações disponíveis da página do projeto internacional denominado Precious Plastic² para criação de peças por meio de injeção de plástico reciclado, como por exemplo, a importância de modelar: cantos arredondados no interior dos moldes para facilitar a desmoldagem, bem como garantir o resfriamento como fundamental para maior durabilidade do molde e qualidade das peças.

A importância do sistema de arrefecimento dentro da concepção de um molde de injeção de termoplásticos, é de extrema relevância, já que isto permite prolongar sua vida útil, além de resfriar a peça de maneira mais homogênea para sua posterior desmoldagem. Çalışkan et al. (2023), explicam que quanto mais perto os canais de resfriamento passarem do núcleo da peça injetada, melhor será seu funcionamento. Este é um detalhe onde a impressão 3D, também chamada de Manufatura Aditiva (MA), supera o método tradicional de construção de moldes, nos moldes tradicionais feitos de metais, os canais de resfriamento são perfurados de maneira reta, sem curvas, isto se deve a que as brocas trabalham unicamente dessa maneira (Figura 1).

¹ O Grasshopper é um ambiente de programação visual totalmente integrado às ferramentas de modelagem 3D do Rhino (ASSOCIATES, [s.d.]).

² O projeto iniciou com o Designer Dave Hakkens na Academia de Design de Eindhoven na Holanda em 2012, para mais detalhes acesse o site < <https://community.preciousplastic.com/academy/create/injection-moulds>>

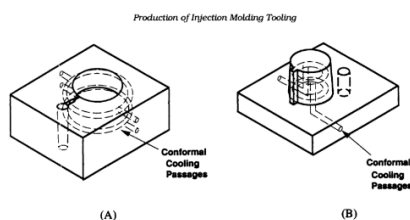
Figura 1 - Canais de resfriamento em molde metálico tradicional.



Fonte: SACHS et al., 2000, p. 145.

Quando usamos a Manufatura Aditiva (MA) para produção de moldes – pode-se explorar geometrias mais orgânicas para definição dos canais, pois a tecnologia de modelagem 3D associada às tecnologias de fabricação digital (no presente artigo, especificamente o uso de impressão 3D em resina) permite a criação de itens personalizados, bem como possibilita utilizar um sistema de refrigeração inserido em posição mais próxima do núcleo da peça a ser injetada (Figura 2).

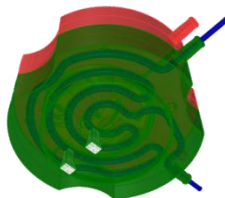
Figura 2 - Canais de resfriamento em molde feito com MA



Fonte: Sachs et al., 2000, p. 145.

Para a criação do molde para produção de medalhas, descrito neste artigo, a serpentina de resfriamento foi criada de maneira espiral, pois o molde foi idealizado com uma seção circular, na figura a seguir ilustra-se, na cor azul, o caminho que a serpentina descreve no interior do molde.

Figura 3 – Serpentina de resfriamento



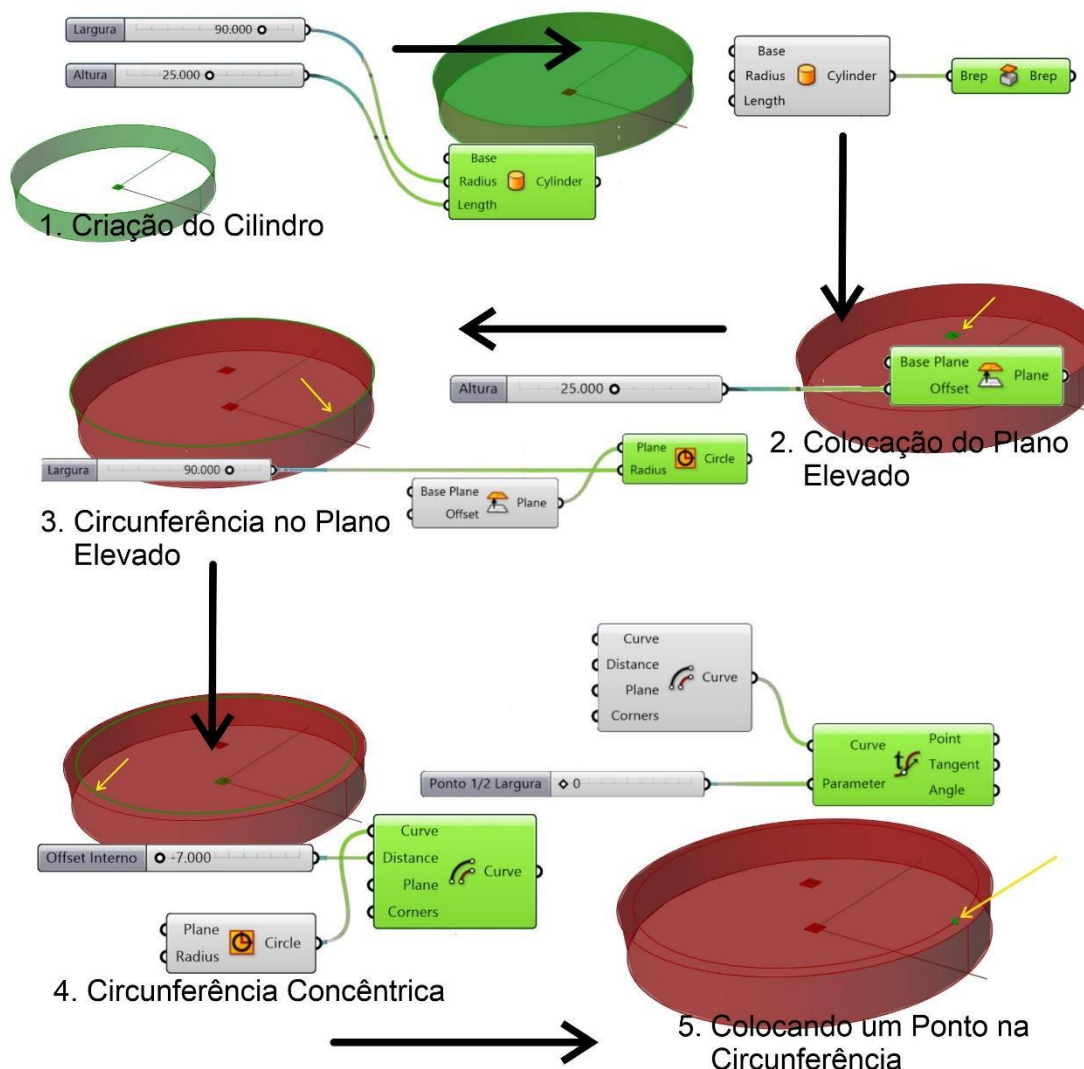
Fonte: Autoria própria (2024)

Como referido anteriormente, é interessante quando se cria um molde, fazê-lo de maneira paramétrica, isto porque todo o desenvolvimento projetual é um processo de produção sucessiva, ou seja, se materializa a primeira ideia, se testa, e volta para a

prancheta para melhorar aspectos que não funcionaram como esperado ou fazer modificações que melhoram o projeto original. Utilizando a modelagem paramétrica, essas modificações viram simples operações nas quais se digitam novos parâmetros, por vezes aritméticos, outros algébricos. Realizar alterações simples nos parâmetros demanda menos esforço e tempo do que redesenhar, uma e outra vez o projeto, até chegar no modelo desejado.

Para este projeto especificamente: cria-se um cilindro e fecha-se por ambos os lados; segundo passo, coloca-se um plano elevado, na parte superior do cilindro; terceiro, coloca-se uma circunferência; quarto, criando uma circunferência concêntrica; quinto, coloca-se um ponto sobre a circunferência;

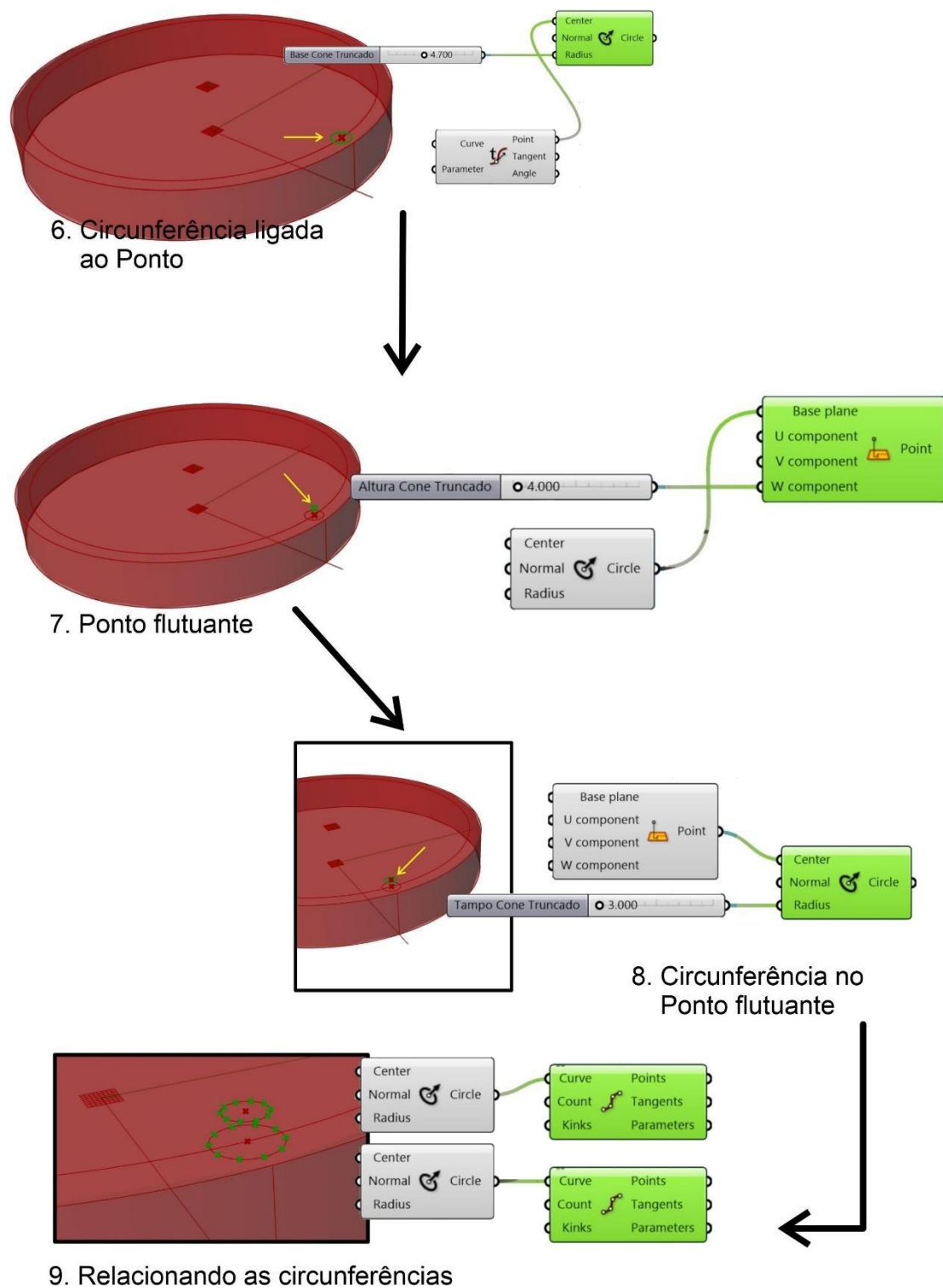
Figura 4 – Esquema dos primeiros passos



Fonte: Autoria própria (2024)

Sexto passo, cria-se uma circunferência ligado ao ponto gerado anteriormente; sétimo, construindo um ponto flutuante; oitavo, ligando uma nova circunferência ao ponto flutuante; nono, criando uma relação entre ambas as circunferências;

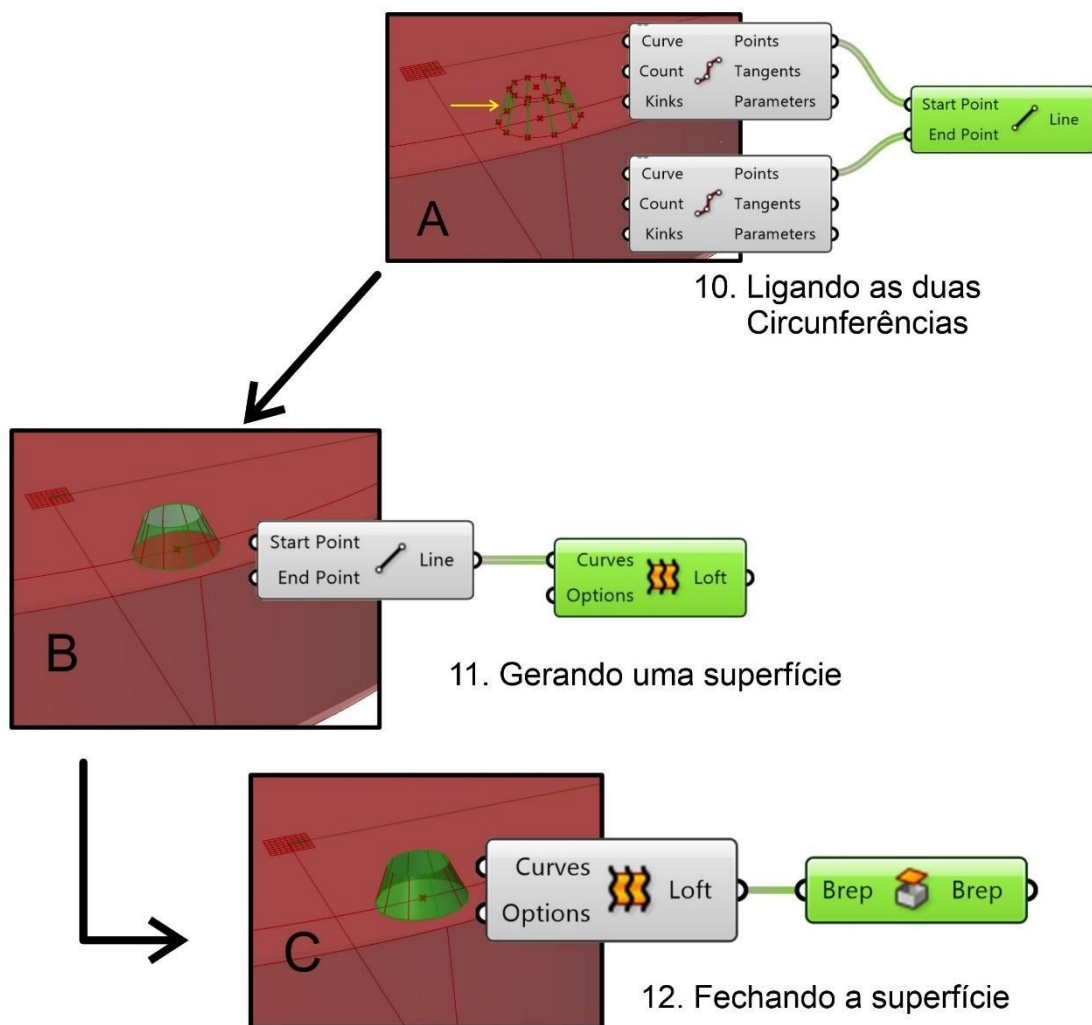
Figura 5 – Esquema de criação intermediário



Fonte: Autoria própria (2024)

Décimo passo, ligam-se as circunferências inferior e superior mediante segmentos de reta; undécimo, cria-se uma superfície sobre as retas; duodécimo, fechando as superfícies por cima e por baixo;

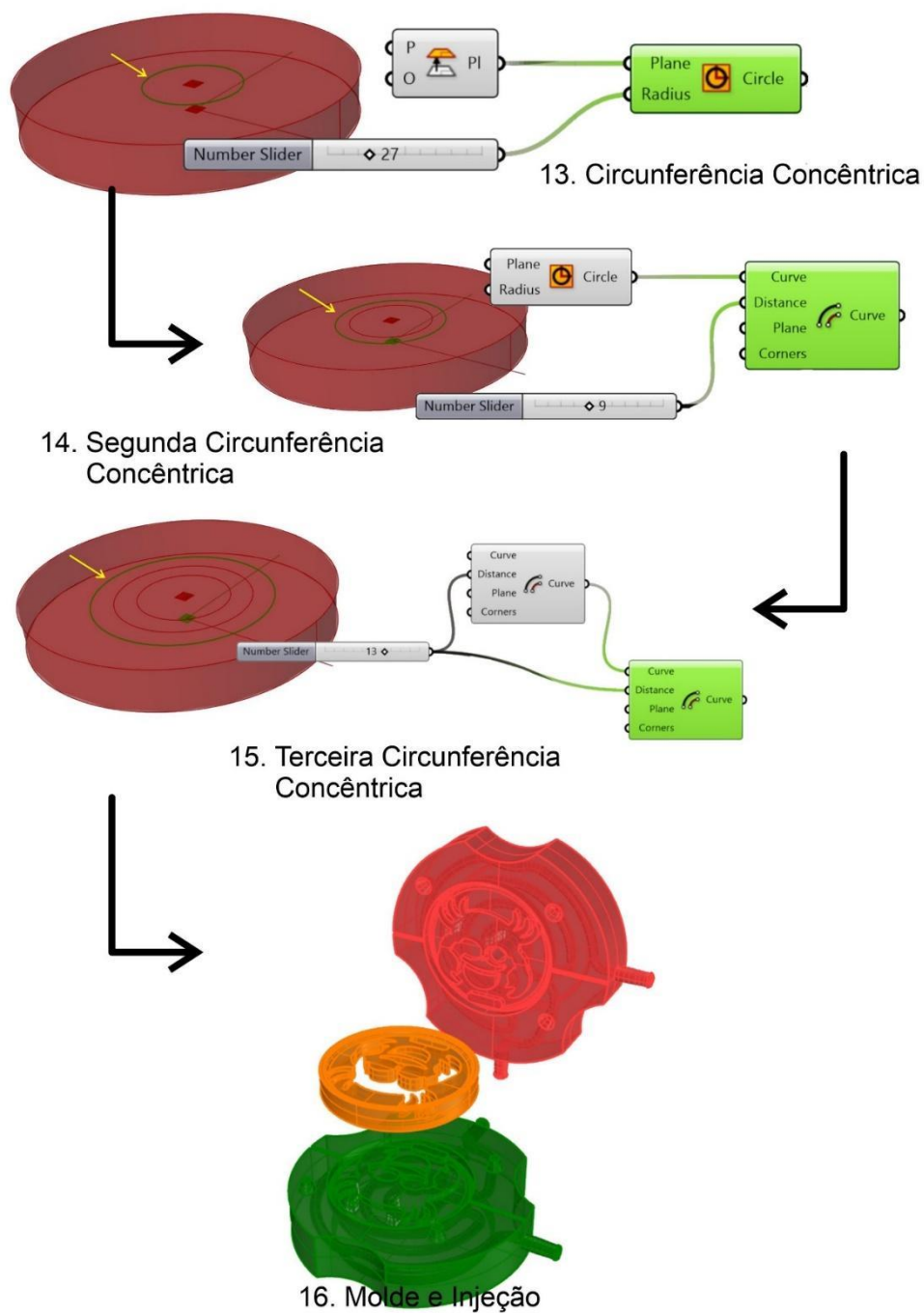
Figura 6 – Esquema de Pinos de Encaixe



Fonte: Autoria própria (2024)

Décimo Terceiro passo, criando uma circunferência concêntrica atrelada ao centro do plano elevado; décimo quarto, cria-se uma segunda circunferência concêntrica à anterior; décimo quinto, terceira circunferência criada, concêntrica às anteriores, a quantidade de circunferências depende de cada projeto particular; finalmente, o décimo sexto passo, mostra-se o molde e a peça injetada.

Figura 7 – Esquema final de construção paramétrica



Fonte: Autoria própria (2024)

4. Testes de injeção em molde impresso em resina

A seguir apresenta-se o molde antes das injeções. A impressão ocorreu bem e sem contratempos (Figura 8).

No primeiro teste de injeção, no momento de colocar as mangueiras no engate do sistema de resfriamento, quebrou-se a entrada em uma das metades do molde, por esta

razão uma metade do molde ficou sem resfriamento. A outra metade foi usada fita isolante para engrossar o engate e assim conectar as mangueiras, isso evitou qualquer vazamento. A primeira injeção ocorreu de maneira incompleta, por não sabermos ao certo quanta pressão deveria ser aplicada e quanto tempo demoraria em encher o molde com o plástico. Um fator que contribui para o processo de injeção nos moldes, é que a resina ao ser translúcida permite visualizar o material entrando e enchendo o molde (Figura 8).

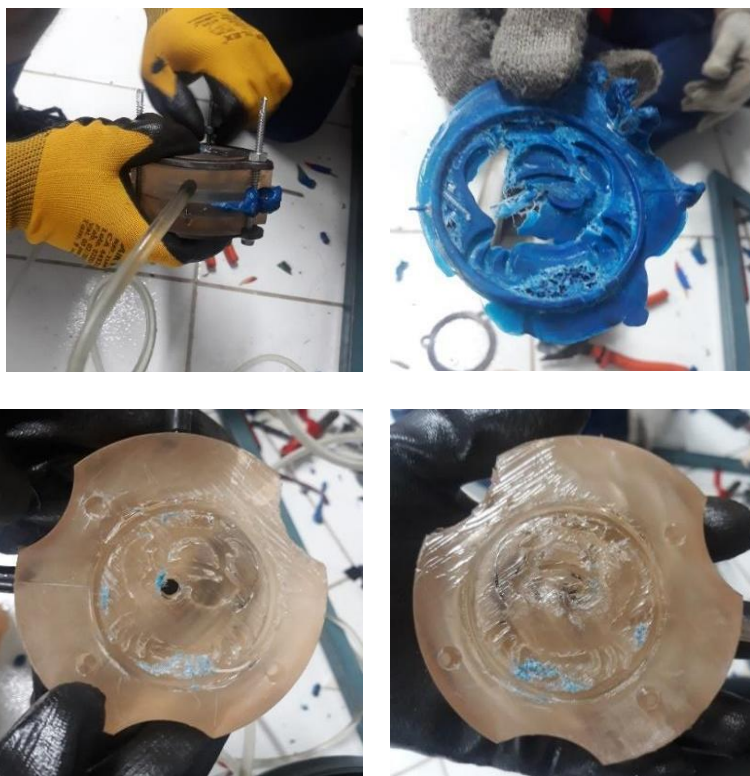
Figura 8– A primeira Injeção



Fonte: Autoria própria (2024)

O modelo da injetora de plástico utilizada no experimento baseia-se no projeto Precious Plastic, e como apoio na parte inferior usamos um macaco hidráulico, isto tem como desvantagem que, nem sempre, o macaco é colocado centralizado para receber o molde por ser um processo até certo ponto artesanal, isto provoca que a injetora ao descer às vezes incline o molde, o que dificulta ainda mais o processo de injeção e diminui a vida útil do molde. O detalhe que mais afetou a integridade do molde consistiu no vazamento de material decorrente do excesso de pressão na injeção. A falta de aperto no momento do fechamento permitiu que as metades se separassem provocando o vazamento do plástico. Os vazamentos stressaram de tal maneira o molde, que sofreu dilacerações perdendo parte do material que o compunha. Isto, longe de ser ruim, ajudou, já que junto ao fato de ter uma só metade do molde resfriado, permitiu descobrir, que a metade resfriada se manteve em melhor condição em relação à outra (Figura 9).

Figura 9 – A injeção com vazamento



Fonte: Autoria própria (2024)

Tivemos sucesso ao final em uma injeção, de seis que foram realizadas (Figura 10).

Figura 10 – Resultado do teste de injeção em molde impresso em resina



Fonte: Autoria própria (2024)

5. Conclusão

Como experiência de modelagem de cerca de uma dúzia de variações do molde (como parte da pesquisa de mestrado supracitada) com o auxílio do software de modelagem 3D e do plug-in de parametrização Grasshopper, pode-se afirmar que usar a modelagem

paramétrica para produzir um sistema acessível de injeção de PEAD reciclado é viável além de facilitar e muito esta tarefa.

Trazendo nossa conclusão para um elemento mais tangível como é o processo de injeção, pode-se afirmar que tendo em mãos uma injetora um pouco mais sofisticada, como a injetora usada dentro do projeto de mestrado do qual se desprende este artigo, aumenta a possibilidade de testes para continuar a pesquisa. Temos a segurança para afirmar que projetos de geometrias mais simples serão facilmente produzidos, a partir deste método.

Pensamos que projetos que envolvam geometria mais complexa podem também ser injetados com esta tecnologia, mas desde que, revisando no projeto de modelagem 3D as correções necessárias para que a distribuição do plástico dentro do molde ocorra de maneira fácil para seu sucesso, embora não tenhamos ainda dados mais aprofundados para confirmar esta asseveração, o experimento apresentado apresentou resultados relevantes para o desenvolvimento da pesquisa em questão e para estudos futuros.

Dessa forma, a partir dos resultados obtidos pode-se afirmar que é possível e viável usar impressão 3D em resina de Alta Temperatura para produzir moldes para injeção de plástico com pequenas tiragens e a preços acessíveis, comparado aos custos do processo industrial. Portanto, usar esta tecnologia dentro das salas de aula e laboratórios universitários para produzir e incentivar o conhecimento com investimento realmente baixo é uma ótima conclusão.

Colaboradores

As Professoras Auta Luciana Laurentino e Letícia Teixeira Mendes contribuíram com informações textuais, com o experimento e com toda revisão deste artigo.

Referências

Bronze. DIAS, Diogo Lopes. "Bronze"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/bronze.htm>. Acesso em 15 de maio de 2024.

ÇALIŞKAN, C. İ. et al. Efficiency comparison of conformal cooling channels produced by additive and subtractive manufacturing in automotive industry plastic injection moulds: a hybrid application. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 126, n. 9, p. 4419–4437, 1 jun. 2023.

Curso de Expressão Gráfica - UFPE. Disponível em: <<https://www.ufpe.br/expressao-grafica-licenciatura-cac>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

Precious Plastic. Disponível em: <<https://community.preciousplastic.com>>. Acesso em: 26 jan. 2024.

SACHS, E. et al. Production of Injection Molding Tooling With Conformal Cooling Channels Using the Three Dimensional Printing Process. **POLYMER ENGINEERING AND SCIENCE**, v. 40, maio 2000.

ASSOCIATES, R. M. &. **Rhinoceros 3D.** Disponível em: <<https://www.rhino3d.com/>>. Acesso em: 16 maio. 2024.

MONEDERO, J. Parametric design: a review and some experiences. **Automation in Construction**, v. 9, n. 4, p. 369–377, 1 jul. 2000.

Stratasys Direct. **3D Printing and Injection Molding: A Practical Guide on How to Choose.** 2024. Disponível em: <https://www.stratasys.com/en/stratasysdirect/resources/articles/3d-printing-injection-molding-choice/>. Acesso em: 4 set. 2024.