

## **Modelagem 3D: Custo de produção de moldes para empresas de reaproveitamento de resíduos têsteis**

**Felippe Bergmann**

IFRS – Instituto Federal do Rio Grande do Sul – RS

**Oderson Panosso**

Dr., IFRS – Instituto Federal do Rio Grande do Sul – RS

**Leandro Lumbieri**

Me., IFRS – Instituto Federal do Rio Grande do Sul – RS

**Mariane Fruet de Mello**

Ma., UCS – Universidade de Caxias do Sul – RS

### **RESUMO**

A modelagem 3D é uma técnica essencial em muitas áreas, como na arquitetura, design de produtos, jogos e animação. Ela permite criar modelos digitais que representam objetos, cenários ou personagens em três dimensões, com profundidade, largura e altura, de forma muito mais precisa e realista do que as imagens bidimensionais. Aliado à modelagem 3D, o uso de uma impressora 3D possibilita criar formas mais complexas, que seriam muito difíceis ou impossíveis de produzir por outros meios. A tecnologia de impressão 3D permite criar peças com formas orgânicas, curvas suaves e detalhes finos, através da sua alta precisão, o que amplia as possibilidades de design e produção. Além disso, a impressão 3D é uma técnica mais rápida e mais automatizada. Com o uso de uma impressora 3D, é possível produzir uma grande quantidade de moldes em pouco tempo.

**Palavras-chave:** Modelagem 3D, Moldes, Reaproveitamento, Resíduos têsteis.

### **1 INTRODUÇÃO**

A modelagem 3D é uma técnica essencial em muitas áreas, como na arquitetura, design de produtos, jogos e animação. Ela permite criar modelos digitais que representam objetos, cenários ou personagens em três dimensões, com profundidade, largura e altura, de forma muito mais precisa e realista do que as imagens bidimensionais. Aliado à modelagem 3D, o uso de uma impressora 3D possibilita criar formas mais complexas, que seriam muito difíceis ou impossíveis de produzir por outros meios. A tecnologia de impressão 3D permite criar peças com formas orgânicas, curvas suaves e detalhes finos, através da sua alta precisão, o que amplia as possibilidades de design e produção. Além disso, a impressão 3D é uma técnica mais rápida e mais automatizada. Com o uso de uma impressora 3D, é possível produzir uma grande quantidade de moldes em pouco tempo.



A Impressão 3D vem sendo amplamente aplicada em diferentes segmentos, em particular, no setor de fabricação de moldes para injeção de termoplásticos. Atualmente, a manufatura aditiva de metais necessita de uma solução que combina alto desempenho com baixo custo para tornar essa tecnologia mais aplicável. (FERIOTTI, et al 2021).

Os moldes têm características diferentes, como material e tempo para o mesmo. Nesses casos os custos têm relação direta com o processo de produção e desenvolvimento do negócio. Nakagawa (1991) destaca que a gestão estratégica de custos fornece informações para apoiar as decisões estratégicas e operacionais, utilizando os recursos produtivos de forma eficiente e eficaz. Assaf Neto (2015) destaca que por meio dos indicadores econômicos é possível medir o capital próprio da empresa com a rentabilidade da sua atividade operacional.

Com o avanço da tecnologia, o setor de moldes poderá sofrer mudanças significativas nos métodos convencionais de fabricação (Pegas, 2017). Logo, a gestão estratégica de custos deve estar alinhada junto a estratégia da empresa as organizações tendem a apresentar um maior desempenho (Vizzotto, Motta e Camargo, 2019). Alguns setores têm avançado na tecnologia dos moldes por impressão em 3D (FERNANDES et al., 2014).

Algumas empresas que trabalham com o reaproveitamento dos resíduos têxteis provenientes do descarte de fábricas criam novos produtos sustentáveis com o uso da impressora 3D tendo como parte de sua estratégia o uso dessa nova ferramenta para o desenvolvimento dos moldes utilizado em seu processo produtivo e adquirindo um novo aliado estratégico para a personalização de produtos em prol de diferenciação. Como o mercado de moldes ainda é um tema com espaço para análises, conhecer os diferentes tipos de possibilidades é um campo a ser avaliado.

Portanto, esse trabalho busca fornecer respostas ao questionamento sobre: qual o custo de produção de moldes na impressão 3D em relação aos materiais alginato e silicone? O objetivo é analisar o custo de produção de moldes através de uma impressora 3D em relação aos materiais alginato e silicone.

Estudos apontaram que no processo da impressão 3D os projetistas de moldes devem ter os cuidados a serem tomados no posicionamento ideal dos modelos matemáticos 3D (PLESSIS et al., 2016; FERIOTTI, et al 2021). Outros estudos também buscam verificar as relações com a impressão 3D e seus custos. (ABREU, 2015).

Morandi & Del Vecchio (2020) destaca que as impressões 3D tem um enorme potencial para o uso desta tecnologia, cujos produtos ou objetos resultantes são cada vez mais complexos, baratos e rápidos de serem produzidos. Talvez se chegue um dia em que, na indústria, até mesmo partes do corpo humano sejam impressos, além de as pessoas poderem ter um equipamento deste em seus próprios lares.



Este arquivo tem o intuito de apresentar um exemplo de artigo completo, que poderá ser útil no esclarecimento de eventuais dúvidas (Descrever o estudo de forma clara e objetiva, destacando a relevância do problema investigado, com base na literatura, e os principais objetivos do trabalho).

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 CUSTOS E DESPESAS**

O custo é reconhecido no momento da utilização dos fatores de produção (bens e serviços), para a fabricação de um produto ou execução de um serviço. [...] As despesas são itens que reduzem o Patrimônio Líquido e que têm essa característica de representar sacrifícios no processo de obtenção de receitas. (MARTINS, 2003, p. 17-18). Despesas representam o valor utilizado em atividades não diretamente relacionadas à produção de bens e serviços, tendo como finalidade a manutenção das atividades da empresa, podendo ser consideradas como gastos não operacionais. Já os custos relacionam-se com o que é diretamente necessário para a produção de bens e serviços, ou seja, é o valor dos insumos e materiais utilizados na produção do bem ou serviço (BEHR et al, 2017).

Segundo Santos (2018), por padrão, a despesa representa algo previsível e orçado, não tendo relação com o produto ou processo produtivo da empresa, mas sim a um período determinado, sendo um sacrifício de patrimônio para a manutenção das atividades empresariais, não necessariamente gerando uma receita. Já o custo, conforme a autora, representa algo que não modifica o patrimônio líquido da companhia, isto pois retrata o uso de recursos para a geração de serviços e bens.

### **2.2 MOLDES**

Segundo Garcia (2009), um molde pode ser compreendido como uma estrutura que consiste em um conjunto de placas ou chapas onde são instalados os sistemas funcionais ou adicionado o material a ser preenchido. Estes sistemas, como o próprio nome sugere, são responsáveis por possibilitar que o molde desempenhe suas funções de maneira adequada.

Para a criação do molde, a ser utilizado para obter a peça desejada, pode ser utilizado diversos materiais como o silicone, o alginato, o plástico líquido, assim como o uso de uma impressora 3D e outros materiais conforme necessidades específicas de produção do material. Os moldes podem ser constituídos por silicone, Alginato e Impressora 3D. Estes serão colocados nos próximos capítulos.

#### **2.2.1 Silicone**

Segundo o portal Filament2print (2020), moldes de silicone são moldes utilizados na fabricação de peças, objetos ou produtos em que é necessária uma grande precisão e detalhamento na reprodução do molde original. Eles são feitos de silicone, um material flexível e resistente, que permite a criação de moldes com



formas e texturas complexas. O uso de silicone para moldagem consiste de uma fabricação simples e econômica, podendo ser flexível para facilitar o processo de desmoldagem. No entanto, para realizar um molde de silicone, é necessário possuir uma peça pronta para servir como modelo.

Já conforme o fabricante de moldes de silicone Gummies (2023), o molde de silicone é capaz de facilitar a produção de peças variadas, onde pode-se obter, em grandes quantidades, a construção de peças modeladas com a mesma forma exata do modelo original. Por sua vez, isso gera a diminuição no custo e tempo de produção, beneficiando a produção em massa e a qualidade do serviço.

### **2.2.2 Alginato**

Segundo o portal Sanar (2020), o alginato é um material de fácil utilização que ao ser misturado com água sofre um processo de geleificação. Além de ser de fácil uso, tem como principal característica o seu baixo custo, porém, o mesmo produto pode apresentar baixa fidelidade de reprodução e estabilidade dimensional.

O alginato é um material majoritariamente utilizado na indústria odontológica, conforme Capel (2017), ele é utilizado para copiar dentes e estruturas adjacentes, sendo que o alginato é um produto mais barato que os elastômeros. No entanto, o mesmo não apresenta um poder de cópia passivo muito bom e permite apenas um vazamento. Adicionalmente, o alginato possui baixa resistência ao rasgamento, mas não consiste de um fator crítico para os trabalhos realizados com ele.

### **2.2.3 Impressora 3D**

Segundo ebook da 3DLAB (2019), a impressora 3D é considerada como uma vertente da indústria 4.0 e é conhecida como fabricação digital, a impressora 3D permite a criação de objetos únicos através da criação de um modelo, fatiamento da peça e impressão da peça final. Por ter como uma de suas principais características a flexibilidade e a diversidade de filamentos (como PLA, ABS e PETG) como matéria-prima, o uso da impressora 3D pode ter como finalidade a obtenção de peças mecânicas de alta resistência e rigidez, assim como peças simples decorativas.

O uso de uma impressora 3D para a construção de moldes faz parte de um processo chamado de manufatura aditiva onde, segundo Zapparoli (2019), esse método onde o material é adicionado em camadas conforme definido em projeto construído dentro de uma plataforma de computador, dando mais liberdade aos projetistas e possibilitando produção de peças com geometria complexa e também ocas, diferente dos processos tradicionais de usinagem.



### 3 METODOLOGIA

Esta pesquisa tem natureza aplicada, com abordagem quantitativa, com objetivos exploratórios, sendo realizado um estudo de caso com a técnica de análise de dados. Segundo Kauark et al. (2010), a pesquisa aplicada busca proporcionar conhecimentos para a solução de problemas específicos, com aplicação prática. Já a abordagem quantitativa busca classificar e analisar informações que podem ser quantificados através de técnicas estatísticas. Ainda conforme o mesmo autor, o objetivo exploratório da pesquisa busca como finalidade gerar informações que permitam uma intimidade maior com o assunto tratado no problema da pesquisa.

Por fim, ao estudo de caso (Yin, 2001) compete o conhecimento detalhado e amplo de um ou poucos objetos de pesquisa. Neste trabalho foi analisada somente uma empresa específica, já que a pesquisa consiste em avaliar a temática dentro do ramo de negócio desta pequena empresa que atualmente produz objetos variados através do reaproveitamento de resíduos têxteis e também participa de feiras e exposições nacionais e internacionais. Destaca-se o objetivo da proprietária de que todos os processos da empresa estejam fortemente alinhados com políticas sustentáveis.

Dessa forma, para a realização deste trabalho e obtenção dos objetivos propostos, em um primeiro momento será feita uma classificação dos moldes utilizados com base no seu próprio molde e do produto a ser confeccionado a partir deste molde. Após esta primeira etapa, será selecionado um molde/produto para cada grau de complexidade definido e posteriormente será quantificado os valores necessários para a produção do mesmo molde para cada tipo de material descrito neste trabalho.

Tendo quantificado os custos da produção de cada molde de acordo com os materiais estudados, iniciar-se-á uma análise comparativa destes custos levando em consideração também as características de cada material e dificuldades/facilidades encontradas. Foram selecionados dois moldes para análise, onde:

Molde 1 - Trata-se de um molde cujo objetivo é permitir a produção de um revestimento para o assento de um mochinho, onde esse revestimento é produzido a partir de resíduos têxteis.

Molde 2 - Trata-se de um molde cujo objetivo é permitir a produção de uma peça sólida no formato da letra I, composto inteiramente por resíduos têxteis

Em resumo, o trabalho será realizado em 4 etapas conforme sintetizado abaixo:

1º - Seleção dos moldes - Nessa fase foi realizado a análise das características mais impactantes dos moldes já utilizados pela empresa e assim definido a necessidade de estudar moldes com as características de: permitir a produção de uma peça sólida e permitir a produção de uma peça à ser anexada em um produto.

2º - Análise dos materiais que compõem o molde - Foi composta da análise de quais materiais são comumente utilizados no mercado para a elaboração de moldes em geral e então selecionando os que se adequam ao processo produtivo da empresa, assim como o próprio conhecimento da empresa acerca destes materiais.



3º - Levantamento dos custos - Etapa onde foi buscado os valores necessários para a produção dos respectivos moldes de acordo com cada material designado. Para o levantamento dos valores foi levado em consideração os preços dos atuais fornecedores da empresa e comparando com as demais opções disponíveis no mercado

4º - Análise dos custos e benefícios da fabricação - Consistiu na comparação dos preços levando em consideração as características de fabricação do molde conforme cada material, como por exemplo o tempo de produção, reutilização do molde e necessidade de peça piloto.

A aplicação da pesquisa foi realizada durante o período de agosto de 2022 até setembro de 2023 e demais informações necessárias foram obtidas através de pesquisas junto à empresa.

#### **4 DESENVOLVIMENTO**

A etapa de desenvolvimento deste projeto será dividida em 3 etapas, onde cada etapa representa o levantamento dos dados da produção de cada molde de acordo com os três materiais definidos como factíveis para a empresa. Ressalta-se que estas 3 etapas serão realizadas para cada molde estudado,

Para efeitos deste trabalho, algumas considerações precisam ser realizadas acerca dos materiais estudados.

O levantamento do material necessário para a elaboração dos moldes de alginato e silicone será feito através do uso da fórmula da massa, composta por  $m = d.v$ , onde  $d$  representa a densidade,  $m$  representa a massa e  $v$  representa o volume. O volume será obtido através do desenho elaborado para o molde da impressora 3D e a densidade obtida das informações técnicas do material. Desta maneira, ao aplicarmos a fórmula da densidade, obter-se-á a massa necessária para a elaboração de cada molde.

A densidade do alginato, que é um tipo comum de hidrocolóide irreversível usado para fazer moldagens de impressões, geralmente varia entre  $1,1 \text{ g/cm}^3$  e  $1,3 \text{ g/cm}^3$ . Isso significa que a densidade do alginato é um pouco maior do que a da água, que tem uma densidade de cerca de  $1,0 \text{ g/cm}^3$ . Desta maneira, será considerado para fins de cálculo para este trabalho como sendo a densidade do alginato  $1,2 \text{ g/cm}^3$ . Além disso, o alginato precisa ser misturado com água em uma proporção de 10 gramas de pó para cada 17 ml de água. Já para a densidade do silicone, será considerado  $1,3 \text{ g/cm}^3$ , pois esta informação foi fornecida pelo vendedor do silicone já adquirido pela empresa em outros momentos.

Adicionalmente, tanto para o molde de alginato quanto para o molde de silicone, será considerado para fins de cálculos que a parede do molde será de 1 cm, tendo em vista que a maioria dos moldes de silicone já adquiridos pela empresa possuem esta espessura.

Acerca do molde para a impressão 3D, o mesmo foi desenhado usando a ferramenta Solid Edge (ferramenta cujo objetivo é oferecer modelagem sólida em 3D, a montagem de modelagem e elaboração de funcionalidades para mecânica) e posteriormente o fatiamento do desenho para inserção na impressora foi



realizado através da ferramenta Ultimaker Cura (essa ferramenta tem como objetivo realizar o fatiamento de código aberto para impressoras 3D, ou seja, transformar o desenho do Solid Edge em um arquivo para ser processado na impressora 3D), obtendo-se deste fatiamento o tempo necessário para a impressão assim como o material necessário. Para a elaboração do molde 3D assim como cálculo dos custos, será considerado o filamento PLA Premium (trata-se de um polímero termoplástico que é produzido a partir de ácido láctico, derivado de matérias-primas renováveis, sendo que devido à sua origem em matéria orgânica, o PLA é biodegradável, o que significa que pode ser decomposto naturalmente, tornando-o compostável e reciclável) de 1,75 mm.

Os valores para cada material assim como quantidade será sintetizado na tabela a seguir, estando incluso no custo o valor referente ao frete para entrega do material:

Tabela 1 - Materiais e valores/kg

MATERIAL	QUANTIDADE	VALOR (R\$)
ALGINATO	1 KG	R\$ 127,10
SILICONE	1 KG	R\$ 76,71
FILAMENTO PLA	1 KG	R\$ 124,90

Fonte: dados da pesquisa.

Na tabela acima é possível verificar de forma sintetizada os materiais a serem utilizados neste trabalho, assim como o valor do quilograma de cada material. Ressalta-se que o alginato é vendido em embalagens de 400 gramas, no entanto foi realizado cálculos proporcionais para obter o valor do quilograma a fim de ser possível comparar o preço de cada material considerando a mesma quantidade. Os valores destes materiais foram coletados durante o mês de setembro de 2023, onde foi possível constatar que o alginato é o material mais caro e o silicone é o material mais barato dentre os 3 estudados.

#### 4.1 MOLDE 1 - MOCHINHO

O primeiro produto a ser estudado neste trabalho trata-se do molde para a produção de um revestimento têxtil adicionado ao assento de um mochinho, como pode ser visto na imagem abaixo o produto após a inclusão de tal revestimento.

Figura 1 - Mochinho com revestimento têxtil

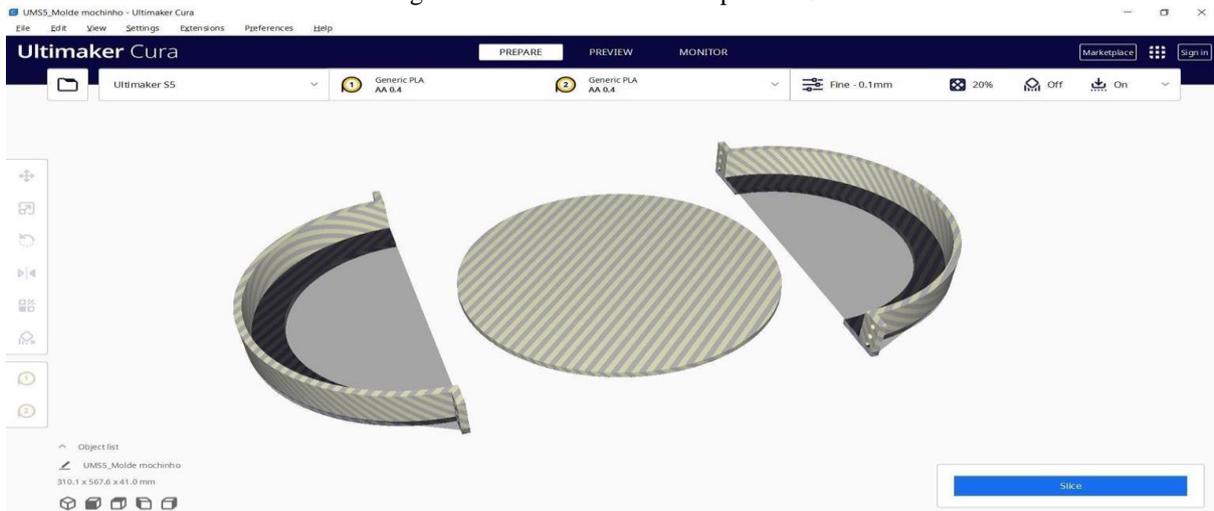


Fonte: Dados da pesquisa

Para a execução deste projeto, foi desenvolvido o molde através da impressão 3D, obtendo-se um molde com 3 peças.

Na Figura 2 pode ser visto o desenho das 3 peças, que compõem o molde desenhado para a impressão 3D, para tornar-se mais fácil o entendimento acerca das informações expostas anteriormente e sintetizadas na tabela 2. Tal figura trata-se de uma captura de tela do programa Ultimaker Cura onde o fatiamento das peças é realizado para ser transferido às informações para a impressora 3D.

Figura 2. Fatiamento molde impressão 3D



Fonte: dados da pesquisa.

Já na tabela abaixo pode ser verificado o tempo de produção e o material necessário para cada parte do molde de impressão 3D, onde tanto a informação do tempo quanto do material foi fornecida pelo próprio programa após o fatiamento do desenho 3D. Já o custo em reais de cada peça foi calculado com base na quantidade necessária de filamento e o custo de tal filamento conforme apontado na Tabela 1 - Materiais e valores/kg.



Tabela 2 - Mochinho PLA impressão 3D

PEÇA	TEMPO DE PRODUÇÃO	MATERIAL NECESSÁRIO	CUSTO EM REAIS
BASE	24h22min	132,5 g	R\$ 16,55
LATERAL 1	11h46min	60 g	R\$ 7,49
LATERAL 2	11h38min	59 g	R\$ 7,37
TOTAL	1d23h46min	251,5g	R\$ 31,41

Fonte: dados da pesquisa.

Com base na tabela acima, nota-se que o tempo total de produção é de 1 dia, 23 horas e 46 minutos, tendo um custo total de 31 reais e 41 centavos para a realização deste molde através da impressão 3D.

Já para a elaboração de um substituto para este molde utilizando do alginato e do silicone será necessário 479,25 gramas e 519,19 gramas de material, respectivamente. Tal informação foi obtida através da aplicação da fórmula da massa e considerando a parede do molde como tendo 1 cm, conforme descrito anteriormente.

Para ser possível realizar ambos os moldes acima, é necessário ter em mãos o mochinho para utilizar como referência na elaboração do molde. Desta maneira, as informações utilizadas para calcular a massa necessária foram:

Mochinho:

Diâmetro - 24 cm

Raio - 12 cm

Altura - 4 cm

Molde:

Diâmetro - 25 cm

Raio - 12,5 cm

Altura - 4,5 cm

Desta forma, calculando-se o volume total do molde e subtraindo o volume preenchido pelo mochinho, obteve-se o volume cujo preenchimento é necessário para a elaboração do molde. Assim, tendo a informação da densidade e do volume, foi possível aplicar a fórmula da massa para descobrir a quantidade necessária de material para cada molde, conforme informado inicialmente (479,25 gramas de alginato e 519,19 gramas de silicone).

Tais custos podem ser visualizados de forma mais clara e resumida na tabela 3:

Tabela 3 - Comparativo molde x material

MATERIAL	CUSTO/KG	QUANTIDADE NECESSÁRIA	CUSTO EM REAIS DO MOLDE
ALGINATO	R\$ 127,10	479,25 g	R\$ 60,91
SILICONE	R\$ 76,71	519,19 g	R\$ 39,83
FILAMENTO PLA / IMPRESSÃO 3D	R\$ 124,90	251,5g	R\$ 31,41

Fonte: dados da pesquisa.

A Tabela 3 traz de forma sintetizada as informações, na qual a quantidade para o alginato e para o silicone foram calculados através da fórmula da massa e a quantidade para a impressão 3D foi obtido através do fatiamento do desenho 3D. A tabela apresenta o custo de produção do molde utilizando o silicone em R\$ 39,83, com alginato fora calculado em R\$ 60,91

Ainda sobre a tabela 3, foi possível notar que tanto o alginato quanto o silicone, por terem uma densidade similar, necessitam de uma quantidade similar, porém, destoando expressivamente no custo final por conta do custo/kg de cada material, tendo o alginato a produção mais cara. Já a impressão 3D, embora tenha um custo/kg maior que o silicone, por necessitar de uma quantidade menor de material, por conta do aproveitamento na execução do seu desenho, tornou-se a melhor opção em questão de custo para a confecção deste molde.

#### 4.2 MOLDE 2 - LETRA I

O segundo molde a ser estudado corresponde a produção de uma peça inteiramente produzida por resíduos têxteis.

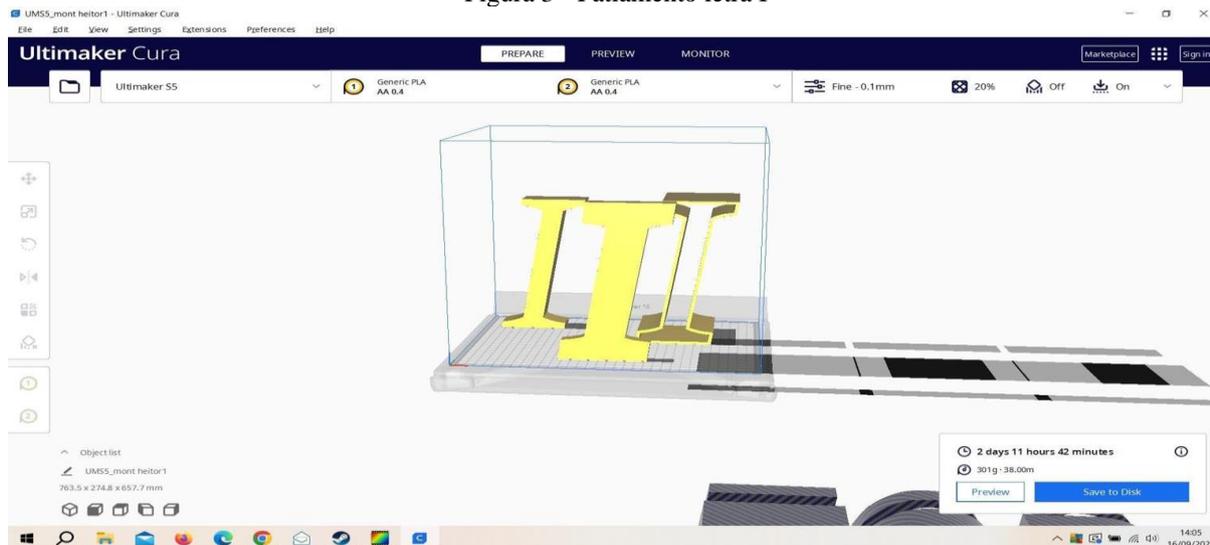
Por se tratar de um projeto feito exclusivamente com resíduos têxteis, é possível desenhar e produzir o seu molde através da impressão 3D sem a necessidade de informações adicionais. No entanto, para que o mesmo molde possa ser produzido com silicone ou com alginato, é necessário produzir antes uma peça piloto para ser utilizada na produção dos moldes.

Dessa forma foi necessário estimar o custo para a produção desta peça piloto para ser possível prosseguir no estudo da produção dos moldes. Para isto, foi feito contato com empresas que trabalham com MDF para realizar a peça através de corte à laser. O melhor orçamento obtido dos contatos realizados fora de R\$ 80,00 para produzir a peça, assim, esse valor será adicionado ao custo total para a produção tanto do molde de alginato quanto do molde de silicone.

Para ser possível produzir o molde através da impressão 3D, foi necessário realizar o desenho de 3 peças no Solid Edge e realizar o fatiamento no Ultimaker Cura, sendo uma peça a base, uma sendo as paredes do molde e a terceira peça sendo uma tampa para pressionar e modelar o resíduo têxtil. Após o fatiamento das 3 peças, obteve-se o tempo necessário de produção de 2 dias, 11 horas e 42 minutos e necessário 301 gramas do filamento de PLA. Assim, quantificou-se o custo total para a produção deste molde na impressora 3D como sendo R\$ 37,59.

Na figura 3 abaixo, pode ser visto o desenho das peças que compõem o molde desenhado para impressão 3D, para prover uma visualização do molde e desta maneira prover um melhor entendimento acerca das informações expostas neste capítulo. Tal figura trata-se de uma captura de tela do programa Ultimaker Cura onde o fatiamento das peças é realizado para ser transferido às informações para a impressora 3D.

Figura 3 - Fatiamento letra I



Fonte: dados da pesquisa.

Já para a produção do mesmo molde utilizando do silicone e do alginato, foi necessário utilizar novamente da fórmula do cálculo da massa, onde  $m = d.v$ , para descobrir a quantidade de material necessário de cada um, considerando uma parede de 1 cm para o molde, conforme descrito anteriormente e considerando as seguintes medidas da peça piloto produzida em MDF: Altura total: 18,4 cm; Largura: 7,9 cm; Espessura: 8 cm.

Desta forma, calculando-se o volume total do molde e subtraindo o volume preenchido pela peça piloto, obteve-se o volume cujo preenchimento é necessário para a elaboração do molde. Assim, aplicando-se a fórmula da massa, foi possível descobrir a quantidade necessária de cada material, sendo 901 gramas para o alginato e 977 gramas para o silicone.

Tais custos podem ser visualizados de forma mais clara e resumida na tabela 4:

Tabela 4 - Comparativo molde letra x material

MATERIAL	CUSTO/KG	QUANTIDADE NECESSÁRIA	CUSTO PEÇA PILOTO	CUSTO EM REAIS DO MOLDE
ALGINATO	R\$ 127,10	901 g	R\$ 80,00	R\$ 194,64
SILICONE	R\$ 76,71	977 g	R\$ 80,00	R\$ 154,96
FILAMENTO PLA / IMPRESSÃO 3D	R\$ 124,90	301 g	R\$ 0,00	R\$ 37,59

Fonte: dados da pesquisa.

Foi possível determinar o custo de produção de cada molde com base nos valores de cada produto informado anteriormente. O custo de produção do molde utilizando o silicone como material fora calculado em R\$ 74,96, já o custo deste mesmo molde produzido com alginato fora calculado em R\$ 114,64.



Adicionando ainda o custo de produção da peça piloto de R\$ 80,00, obteve-se o custo final para a produção do molde de silicone e do molde de alginato, como sendo R\$ 194,64 para o alginato e R\$ 154,96 para o silicone.

A tabela 4 proporciona uma síntese dos elementos abordados neste capítulo onde se dá ênfase no impacto que a necessidade de se ter uma peça piloto para a produção do molde possui no custo de produção do molde, podendo chegar a representar aproximadamente 50% do custo total de produção, como no caso de silicone. Assim como no molde do mochinho, a impressão 3D mostrou-se ser a melhor opção em questões de custo, no entanto, neste caso, é ainda mais expressivo o seu benefício por não sofrer com a necessidade da peça piloto, tendo em vista que desta maneira não se tem a dependência da disponibilidade de um fornecedor externo e nem de riscos de atrasos na entrega. Pode-se verificar que há uma vantagem para o tempo de produção da impressora 3D.

#### 4.3 ANÁLISE MOLDE 1 E 2

Analisando os dois moldes foi possível perceber que a produção de ambos os moldes tiveram o seu menor custo através da impressora 3D utilizando-se do filamento PLA. Cabe ressaltar que a diferença de custos entre o silicone e a impressora 3D foram bem próximos na produção do mochinho, tendo uma diferença de R\$ 8,42. Já a diferença entre o alginato e a impressão 3D foi de R\$ 29,50.

Já para a produção da letra I, a diferença de custos entre a impressão 3D dos demais materiais tornou-se muito expressiva, principalmente pelo fato de que tanto o alginato quanto o silicone necessitam da produção da peça piloto para a realização do molde, enquanto que na impressão 3D foi possível desenhar diretamente as peças que compõem o molde, sem a necessidade de uma peça piloto. Assim, para esse molde, a diferença de custo da impressão 3D para o silicone foi de R\$ 117,37 enquanto que para o alginato foi de R\$ 157,05, mostrando que a produção do molde através da impressão 3D é uma alternativa melhor que o alginato e o silicone.

Importante comentar que em ambos os moldes o alginato mostrou ser o material mais caro para a produção dos moldes com uma diferença expressiva com relação às demais opções. Além disso, aliado ao fato de se tratar de um material que permite apenas uma única reprodução, ou seja, proporcionar um molde de uso único, o alginato não se torna uma opção viável para a produção dos moldes dentro do cenário das empresas de reaproveitamento de resíduos têxteis, que estão intimamente ligados com os ideias da regra dos 5 Rs (repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar), metodologia idealizada pela ativista ambiental Bea Johnson. Segundo Johnson (2013), a filosofia dos 5 Rs tem como foco repensar os hábitos de consumo, em vez de se concentrar exclusivamente na reciclagem, ou seja, ter-se em mente o impacto das ações desde o primeiro passo. Esse conceito tem um impacto sobre toda a cadeia de consumo, onde cada etapa está intrinsecamente conectada com a seguinte.



Cabe ressaltar outros estudos realizados na temática de custos e produção 3D onde, Abreu (2015), cita como vantagens da Impressão 3D a não necessidade de suportes, o tempo de impressão reduzido e a sua adequação para peças com geometrias complexas (o que possibilita um portfólio maior de personalização). Já Zier et al. (2019) verificou em seu estudo uma redução significativa de 82% nos custos e 96% nos prazos, utilizando de métodos de impressão 3D e comparado à uma produção tradicional com fornecedores externos.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo desta pesquisa foi quantificar o custo de produção de dois moldes utilizando da tecnologia de impressão 3D e verificar se a sua utilização é financeiramente viável se comparado com a produção do mesmo molde feito com alginato ou com silicone.

Para atingir este objetivo, este trabalho buscou levantar os custos de produção de 2 moldes, com características diferentes, para cada um dos materiais considerados neste estudo. Importante ressaltar que um dos moldes estudados tem como objetivo produzir um revestimento têxtil para ser colocado em um mochinho, enquanto que o outro molde estudado tem como objetivo produzir uma peça sólida de resíduo têxtil, sem a necessidade de qualquer outra peça. Estas peças foram selecionadas pois tratam de projetos de interesse da empresa e que estavam sendo estudados formas para serem produzidos.

Foi possível concluir com os resultados deste trabalho que utilizar a impressão 3D para a produção de novos moldes, além de evitar possíveis desperdícios ao permitir uma visualização e detalhamento da peça antes de sua produção, é a opção mais viável financeiramente do que o alginato e o silicone, sendo potencializado pelo fato de não necessitar de uma peça piloto para a produção de determinados moldes. Além disso, o uso da impressão 3D torna-se mais favorável ao facilitar a produção de peças únicas para a participação de concursos, assim como um grau maior de personalização das peças.

Um fator limitante é o grau de conhecimento acerca da modelagem 3D e dos materiais utilizados, pois o aproveitamento do material é um item essencial para conhecer a resistência da estrutura.

Sugere-se como pesquisa futura realizar o levantamento de custos considerando a terceirização da etapa de desenho do projeto 3D a ser produzido na impressão 3D assim como verificar a possibilidade de mesclar os materiais utilizados, como por exemplo, a produção de uma peça piloto através da impressão 3D e o molde com o silicone. Desta forma, é possível ampliar a análise da eficiência do uso da impressão 3D.



## REFERÊNCIAS

- ABREU, Sofia Alexandra Chaves. Impressão 3D baixo custo versus impressão em equipamentos de elevado custo. 2015.
- ASSAF NETO, A. Estrutura e análise de balanços: um enfoque econômico-financeiro. São Paulo: Atlas, 2015.
- BEHR, Ariel *et al.* Metodologia básica de custos. UFRGS, 2017.
- CAPEL, Paulo. Materiais de Moldagem Elásticos I. Departamento de biomateriais e biologia oral - Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, 2017.
- DU PLESSIS, Anton *et al.* Directionality of cavities and porosity formation in powder-bed laser additive manufacturing of metal components investigated using X-ray tomography. 3D Printing and Additive Manufacturing, v. 3, n. 1, p. 48-55, 2016.
- FERIOTTI, Marco Aurélio *et al.* Aplicações da manufatura aditiva e impressão 3d na fabricação de moldes para injeção de termoplásticos. Brazilian Journal of Production Engineering, v. 7, n. 3, p. 199-218, 2021.
- FERNANDES, A. de F. *et al.* Supply chain e o impacto da impressora 3D. São Paulo, SP, 2014.
- GARCIA, Mauro César Rabuski. Fundamentos de projeto de ferramentas. Moldes de injeção para termoplásticos. IFRS - Sapucaia do Sul, 2009.
- GITMAN, Lawrence J. Princípios de administração financeira. 8. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- JOHNSON, Bea. Zero waste home. Nova York: Scribner, 2013.
- MELLO, Bárbara. Moldagem: quais são os materiais e as técnicas?. Sanar Saude, 2020. Disponível em: <https://www.sanarsaude.com/portal/residencias/artigos-noticias/colunista-odontologia-modelagem-quais-sao-os-materiais-e-as-tecnicas>. Acesso em: 08/04/2023.
- O que a impressão 3D pode contribuir para a fabricação de moldes. Filament2print, 2020. Disponível em: [https://filament2print.com/pt/blog/87\\_fabricacao-moldes-3d-impressao.html](https://filament2print.com/pt/blog/87_fabricacao-moldes-3d-impressao.html). Acesso em: 08/04/2023
- SILVA, José Pereira da. Análise financeira das empresas. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2004
- KAUARK, Fabiana da Silva *et al.* Metodologia da pesquisa: um guia prático. Itabuna: Via Litterarum, 2010.
- MARTINS, Eliseu. Contabilidade de custos - 9. ed. - São Paulo : Atlas, 2003.
- MORANDINI, Moisés Miranda; DEL VECHIO, Gustavo Henrique. IMPRESSÃO 3D, TIPOS E POSSIBILIDADES: uma revisão de suas características, processos, usos e tendências. Revista Interface Tecnológica, v. 17, n. 2, p. 67-77, 2020.
- NAKAGAWA, Masayuki. Gestão estratégica de custos: conceitos, sistemas e implementação; jit/tqc. 1991.



O que é impressão 3D?. 3DLAB, 2019. Disponível em: <https://3dlab.com.br/e-books-sobre-impressao-3d/>. Acesso em: 07/09/2023.

Pegas, P. H. Simulação baseada em agentes para uma cadeia de suprimentos com impressão 3D: Uma análise comparativa utilizando AnyLogic.. 59p. TCC - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa. (2017).

SANTOS, Marinéia Almeida dos. Contabilidade de custos. Salvador: UFBA, Faculdade de Ciências Contábeis; Superintendência de Educação a Distância, 2018.

Um molde de silicone facilita a produção em massa. Gummies, 2020. Disponível em: <https://www.gummies.com.br/moldes-de-silicone/#:~:text=Um%20molde%20de%20silicone%20facilita,e%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o%20em%20massa>. Acesso em: 07/09/2023

VIZZOTTO, Marcelo Juarez; DA MOTTA, Marta Elisete Ventura; CAMARGO, Maria Emília. Impacto da gestão estratégica de custos no desempenho econômico-financeiro. Revista Contemporânea de Contabilidade, v. 16, n. 40, p. 190-208, 2019.

YIN R. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2a ed. Porto Alegre: Bookman; 2001

ZAPAROLLI, Domingos. O avanço da impressão 3D. Pesquisa Fapesp, 2019. Disponível em: [https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2019/02/060-065\\_Impress%C3%A3o-3D\\_276-1.pdf](https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2019/02/060-065_Impress%C3%A3o-3D_276-1.pdf).

ZIER, Abdiel Filipe *et al.* ESTUDO DA PROTOTIPAGEM RÁPIDA POR MEIO DA IMPRESSÃO 3D E SEU EFEITO NA REDUÇÃO DE CUSTOS E PRAZOS DOS PROJETOS DE PRODUTO. FAE Centro Universitário. Memorial TCC – Caderno da Graduação, 2019