



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS RECIFE

RICLEYTON DOMINGOS DA SILVA

**O USO DA PROTOTIPAGEM RÁPIDA COMO AUXÍLIO NA FABRICAÇÃO DE
MOLDES DE GESSO PARA FUNDIÇÃO EM BARBOTINA**

RECIFE

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CAMPUS RECIFE

BACHARELADO EM ARTES VISUAIS

RICLEYTON DOMINGOS DA SILVA

**O USO DA PROTOTIPAGEM RÁPIDA COMO AUXÍLIO NA FABRICAÇÃO DE
MOLDES DE GESSO PARA FUNDIÇÃO EM BARBOTINA**

TCC apresentado ao Curso de Bacharelado em Artes Visuais da Universidade Federal de Pernambuco, Campus Recife para a obtenção do título de Bacharel em Artes Visuais.

Orientador(a): Suely Cisneiros Muniz

Coorientador(a): Auta Luciana Laurentino

CAMPUS RECIFE

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

SILVA, Ricleyton Domingos da .

O uso da prototipagem rápida como auxílio na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina / Ricleyton Domingos da SILVA. - Recife, 2025.
61 : il., tab.

Orientador(a): Suely Cisneiros Muniz

Cooorientador(a): Auta Luciana Laurentino

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação, Artes Visuais - Bacharelado, 2025.
Inclui referências, anexos.

1. Modelagem. 2. Prototipagem Rápida . 3. Barbotina. 4. Moldes de Gesso. 5. Cerâmica. I. Muniz, Suely Cisneiros. (Orientação). II. Laurentino, Auta Luciana. (Coorientação). IV. Título.

730 CDD (22.ed.)

RICLEYTON DOMINGOS DA SILVA

**O USO DA PROTOTIPAGEM RÁPIDA COMO AUXÍLIO NA FABRICAÇÃO DE
MOLDES DE GESSO PARA FUNDIÇÃO EM BARBOTINA**

TCC apresentado ao Curso de Bacharelado em Artes Visuais da Universidade Federal de Pernambuco, Campus Recife, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Artes Visuais.

Aprovado em: 12/08/25

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a M.^a Suely Cisneiros Muniz
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Auta Luciana Laurentino
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Jessica Aline Tardivo
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Sadi da Silva Seabra Filho
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho à minha mãe, Mabel,
e à minha tia, Maria José, cujo apoio
tornou esta escrita possível.

“Computadores fazem arte
Artistas fazem dinheiro
Computadores avançam
Artistas pegam carona
Cientistas criam o novo
Artistas levam a fama”

(Quatro, Fred Zero. *Computadores fazem arte*. In: Chico science & Nação Zumbi, da lama do caos. Chaos, Sony Music. 1994, Faixa 12, 3:14).

RESUMO

A pesquisa investiga a utilização de moldes de gesso na produção cerâmica, destacando sua relevância em percursos que incluem a criação de modelos digitais na replicação de formas complexas e na padronização de peças. O percurso inclui impressão 3D, confecção de moldes em gesso e fundição em barbotina, avaliando e observando os resultados obtidos utilizando os sistemas SLA - *Stereolithography* e FDM - *Fused Deposition Modeling*. Adotamos a pesquisa em arte como método, considerando o diálogo entre técnicas tradicionais e a incorporação dos avanços tecnológicos disponíveis, como o uso da Fabricação Digital e a Prototipagem Rápida. O estudo documenta as etapas do processo, oferecendo material de referência para artistas e pesquisadores interessados na técnica. A pesquisa foi desenvolvida com apoio de instituições acadêmicas e centros especializados. Os resultados demonstram que a integração de ferramentas tecnológicas ampliam as possibilidades da produção cerâmica, contribuindo para a inovação no ensino de Artes Visuais, interagindo com o artista ceramista.

Palavras-chave: modelagem; prototipagem rápida; barbotina; moldes de gesso; cerâmica

ABSTRACT

This research investigates the use of plaster molds in ceramic production, highlighting its relevance in processes that include crafting digital models in order to replicate complex shapes and standardize pieces. The process here includes 3D printing, the creation of plaster molds as well as slip casting. Results obtained were assessed and compared using SLA (Stereolithography) and FDM (Fused Deposition Modeling) systems. This study adopts art as method, taking into account the dialogue between traditional and more advanced techniques, such as Digital Fabrication and Rapid Prototyping. The research documents the stages of the process, providing reference material for artists and researchers interested in the techniques. This research was developed with support of academic institutions and specialized centers. The results demonstrate that the integration of technological tools expands the possibilities of ceramic production, contributing to innovation in visual arts education and interacting with the ceramic artist.

Keywords: modeling; rapid prototyping; slip casting; plaster molds; ceramics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Processo - molde prensado	19
Figura 2	Preparação do gesso	20
Figura 3	Processo - molde perdido	22
Figura 4	Processo - fundição em cimento	25
Figura 5	Acabamento e restauro	26
Figura 6	Modelo digital	29
Figura 7	Configuração de Arquivo	30
Figura 8	Acabamento de impressão em FDM	31
Figura 9	Impressões nos sistemas FDM e SLA	31
Figura 10	Detalhes de Impressão	32
Figura 11	Confecção de caixa de papelão	33
Figura 12	Confecção de barreira de contenção - caixa	34
Figura 13	Desmolde do silicone	34
Figura 14	Preparação do molde de gesso	37
Figura 15	Molde do gesso	38
Figura 16	Processos com molde do gesso	39
Figura 17	Etapas de colagem de Barbotina	40
Figura 18	Barbotina	41
Figura 19	Desmolde, primeiras experiências	41
Figura 20	Desmolde da peça em argila, ponto ideal	42
Figura 21	Diferenças entre as peças produzidas	43
Figura 22	Acabamento	44
Figura 23	Assinatura	44
Figura 24	Múltiplos	45
Figura 25	Queima	46
Figura 26	Esmaltes, Ateliê Leandro Nascimento	48
Figura 27	Resultado pós-queima - esmaltação/ vitrificação.	49
Figura 28	Fluxograma das etapas de produção	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Comparação entre as tecnologias de SLA e FDM	28
Tabela 2	Preparação comum do gesso	36
Tabela 3	Gesso utilizado para cada tipo de molde	36
Tabela 4	Características do gesso Alfa e Beta	37
Tabela 5	Queima de biscoito	45
Tabela 6	Cones Seger e Orton	47
Tabela 7	Estados de uma pasta em três queimas	48
Tabela 8	Temperaturas baixas, médias, altas e muito altas na queima de esmaltes	49
Tabela 9	Custos de execução	59

LISTA DE ABREVIACÕES

CAD	<i>Computer Aided Design</i> ou Projeto Assistido por Computador
CAM	<i>Computer Aided Machining / Computer Aided Manufacturing</i> ou Manufatura Assistida por Computador
CMC	Carboxi Metil Celulose
FD	Fabricação Digital
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i> ou Modelagem por Deposição de Material Fundido
PRA	<i>Rapid Prototyping Additive</i> ou Prototipagem Rápida Aditiva
PR	Prototipagem Rápida
SLA	<i>Stereolithography</i> ou Estereolitografia
STL	<i>Standard Triangle Language</i>
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	BREVE REFLEXÃO SOBRE TÉCNICAS TRADICIONAIS EM CERÂMICA E SEUS DESDOBRAMENTOS	17
2.1	Molde prensado	18
2.2	Molde perdido	21
2.3	Fundição em cimento	23
3	FABRICAÇÃO DIGITAL E PROTOTIPAGEM RÁPIDA ADITIVA	27
3.1	Modelagem e simulação digital	29
3.2	Impressão 3D e pós-processamento	30
4	MOLDES DE GESSO, FUNDIÇÃO EM BARBOTINA, ACABAMENTO E QUEIMA	33
4.1	Fundição em barbotina	39
4.2	Acabamento, pintura de esmaltação e queima	43
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
	GLOSSÁRIO	52
	REFERÊNCIAS	57
	ANEXOS	59

1 INTRODUÇÃO

Os moldes de gesso são ferramentas importantes na produção cerâmica, eles proporcionam a possibilidade de replicação de formas complexas e difíceis de serem copiadas manualmente. Usualmente são empregados na produção em série de peças com grande quantidade de detalhes, permitindo assim a padronização de formas e o aumento da eficiência produtiva. Além disso, eles são relativamente baratos e fáceis de serem produzidos, tornando-os uma escolha popular na confecção artesanal.

No entanto, é importante destacar que a produção de moldes de gesso requer habilidade e conhecimento técnico específico. As técnicas de moldagem garantem a precisão e a estabilidade do molde durante todo o processo de produção, portanto, o método tradicional será utilizado como fundamento para a compreensão do funcionamento dos moldes. Através deste entendimento, expandimos a técnica com o emprego da fabricação digital (FD).

Recebemos apoio do laboratório de Argila da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, no departamento de Artes Visuais - DART, do Centro de Artes e Comunicação - CAC, durante as disciplinas de Argila AR-6261 e Argila 2 AR-706, onde fomos acompanhados pela professora Suely Cisneiros Muniz e o Artista e técnico Leandro Nascimento. Contamos ainda com uma visita técnica no contexto das disciplinas, onde recebemos importante apoio do Centro de Artesanato Arq. Wilson Campos Júnior, situado na região do Litoral Sul de Pernambuco, onde fomos recepcionados pelos ceramistas Mestre Nena e Di Melo, que compartilharam os seus conhecimentos sobre queima e processamento do barro; bem como a empresa Coletivo 3D, formada pelo PsicoMaker Rhaldney Lima, o CEO Rafael Oliveira e o cientista e projetista João Corte que deu suporte nas impressões e modelagem 3D, mais especificamente Rafael Oliveira que acompanhou de perto todo o processo através das inúmeras visitas à empresa. Também foram terceirizadas as queimas das peças em cerâmica, realizadas nos ateliês: Michaela Alcântara, Leandro Nascimento e Romulo Barros. Os primeiros resultados da pesquisa foram apresentados ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco IFPE, campus Olinda, em formato de memorial técnico descritivo no ano de 2023, como requisito de nota para obtenção de título de Técnico em Artes Visuais.

A presente pesquisa reúne técnicas tradicionais de moldes prensado e perdido e fundição em cimento, com a finalidade de viabilizar a ampliação das possibilidades de construção de peças que utilizam argila e moldes de gesso através da utilização de ferramentas tecnológicas no fazer artístico tradicional. Desse modo, pretendemos incentivar a integração das Artes com outras áreas do conhecimento e seu uso no Curso de Artes Visuais, preenchendo assim a lacuna que prejudica a compreensão e o desenvolvimento dessa metodologia na área.

A utilização de ferramentas tecnológicas é de suma importância para melhorar os processos, aprimorar a eficiência e promover a inovação em diversas áreas como arquitetura, design, medicina, engenharia, dentre outras. Pretendemos assim, contribuir para a pesquisa de Tecnologia PRA *Rapid Prototyping Additive* ou Prototipagem Rápida Aditiva em Artes Visuais na obtenção de moldes de gesso para fundição artística com barbotina, demonstrando as etapas e comparando os processos de produção de peças em cerâmica, considerando o registro do empírico, suas subjetividades e a literatura especializada, proporcionando material para consulta e suporte para aqueles que desejam experienciar esta técnica.

O Capítulo 1, inicia com uma breve reflexão sobre o diálogo entre técnicas tradicionais e a incorporação dos avanços tecnológicos disponíveis em nosso tempo, em seguida são apresentadas as técnicas tradicionais de: a) molde prensado, b) molde perdido e c) fundição em cimento, sistematizadas através da oralidade e do conhecimento empírico, descritas e registradas ao longo do texto, apresentando assim, os fundamentos do conhecimento sobre moldes.

No Capítulo 2, a PRA é apresentada como uma tecnologia capaz de materializar objetos tridimensionais por meio da impressão 3D, essa técnica permite testes em protótipos virtuais antes da fabricação física, otimizando a precisão e a economia de recursos. No estudo, foram comparadas as tecnologias SLA - *Stereolithography* e FDM - *Fused Deposition Modeling*, ambas baseadas na adição de camadas, tendo o SLA apresentado bom acabamento e custo elevado, por utilizar material líquido em seu processo, enquanto o material sólido (FDM) apresenta custo mais acessível.

O Capítulo 3, aborda o fazer técnico na obtenção de moldes de gesso através de FD via PRA, cujo processo inicia-se na modelagem digital e segue com a impressão 3D, em seguida são obtidos os moldes de silicone que proporcionam as

cópias em gesso, para então, utilizar a barbotina na obtenção de múltiplas peças, e finalizar com o acabamento, queima de biscoito e esmaltação/vitrificação.

Para o desenvolvimento, optamos pela utilização da pesquisa em arte como método de investigação, segundo a artista e pesquisadora Icleia Borsa Cattani, ele compreende todos os elementos do fazer; a técnica, a elaboração de formas e a reflexão (Cattani, 2002, p.38); adequada como processo de investigação de produções artísticas, será enfatizado o percurso do desenvolvimento técnico em cerâmica no fazer de moldes através de FD e o comparativo entre os resultados obtidos, levando em consideração a subjetividade do percurso e do empírico.

É nesse percurso de investigar um processo técnico de produção que se propõe esta pesquisa, no diálogo entre produção manual, digital e textual, articulando teoria e prática com enfoque no empírico em diálogo com a literatura especializada. Neste contexto, Costa e Silva (2015) ressaltam que “o pesquisador em artes visuais transita sempre entre o conceitual e o sensível, entre a teoria e a prática, entre o concreto e o onírico” (Costa e Silva, 2015, p.10), tal perspectiva amplia a concepção de mundo, pois consideram os processos de produção e sua dinâmica.

Seguiremos a abordagem do uso computacional no processo de fabricação de moldes de gesso, observando práticas tradicionais, para em seguida, expandir o conhecimento com modelagem e simulação digital através de modelo com as seguintes características: a) disponibilizado gratuitamente na internet, b) objeto digital com simetria e c) objeto que permita reprodução em molde bipartido. Seguindo o critério, na etapa seguinte, os modelos digitais serão impressos, seguindo as etapas de: a) download do arquivo 3D em repositório online, b) modelagem do molde em software CAD, c) exportação do arquivo para formato STL, d) configuração dos parâmetros de impressão e fatiamento, e) impressão da peça no processo aditivo baseado em material sólido FDM e o processo aditivo baseado em material líquido SLA e f) pós-processamento.

O molde em gesso deverá ser semelhante ao modelo impresso. Para obtermos este resultado seguiremos as seguintes etapas: a) obtenção de cópia em gesso do molde impresso utilizando borracha de silicone, b) cópias em gesso e c) cura e união das partes. O molde em gesso servirá de contenção para barbotina, argila em consistência líquida, sendo este processo denominado fundição, devendo

seguir as etapas de: a) fundição em barbotina com os moldes confeccionados em gesso e b) múltiplos em argila.

Por fim, as peças receberão acabamento na etapa de pós-processamento através de: a) remoção de rebarbas e linhas, b) adição de baixo relevo através de carimbo e c) queima de biscoito pintura de esmaltação/ queima de alta temperatura, vitrificação. O registro permanecerá presente ao longo de todo o processo, esta etapa confere: a) registro fotográfico das etapas de produção, b) sistematização de técnicas tradicionais através da oralidade e do empírico.

2 BREVE REFLEXÃO SOBRE TÉCNICAS TRADICIONAIS EM CERÂMICA E SEUS DESDOBRAMENTOS

As técnicas tradicionais representam um importante ponto de partida para o entendimento posterior de técnicas expandidas, pois estes se alimentam do tradicional em uma clara “genealogia” do conhecimento, voltar-se às técnicas tradicionais é entender a origem e a trajetória deste conhecimento que se reinventa com as ditas “novas tecnologias”.

O historiador Ricardo Resende ao escrever sobre os desdobramentos da gravura contemporânea no fim do século XX, registra o diálogo entre as técnicas tradicionais e a incorporação dos avanços tecnológicos. Como resultado desta fusão de linguagens, o computador passa a operacionalizar processos que antes eram estritamente manuais. Os antigos maquinários dão lugar a outros e o artista já não suja suas mãos (Resende, 2000, p.228 e 229).

Sobre o produto de uma relação genealógica, Resende (2000) destaca o diálogo entre as linguagens e a incorporação dos avanços tecnológicos:

O resultado dessa assimilação tecnológica a transforma em uma ferramenta para encurtar o tempo, eliminar o desperdício, aumentar as possibilidades do *modus operandi* e criativo de acordo com as necessidades da nossa época (Resende, 2000, p.230).

Seguindo este pensamento, as técnicas tradicionais não são substituídas por outras, mas sim, assimiladas e incorporadas de acordo com a tecnologia disponível a seu tempo. Neste contexto de fusão de linguagens, a oralidade e o empírico fazem-se aspectos importantes, pois a *práxis* da cerâmica popular tradicional, mantém-se, em parte, na oralidade. A reflexão do professor, pesquisador e músico Daniel Lemos Cerqueira contribui para este entendimento ao afirmar que “o conhecimento artístico é essencialmente oral e se mantém entre gerações” (Cerqueira, 2021, p.36).

Nessa perspectiva, a produção de cerâmica envolve a integração entre teoria e prática, ao constituir e incorporar técnicas que estão vinculadas a experiências e concepções empíricas do fazer. Por outro lado, também podemos afirmar que a inserção de novas tecnologias diminui a subjetividade e as habilidades manuais por parte dos artistas. Segundo o professor e pesquisador Thiago José Cóser, sobre a utilização de PRA em artes, “Há a possibilidade do uso de simulações para

sintetizarmos a luz, sombras e perspectivas, que já não são mais conduzidas por uma mínima habilidade ou subjetividade da parte do artista” (Cóser, 2010, p.19).

Este entendimento insere os objetos virtuais no cerne das possibilidades de multiplicação e variações de resultados, mas não seriam estas as habilidades e as subjetividades próprias das tecnologias disponíveis no nosso tempo? O ambiente virtual e suas possibilidades técnicas são objeto deste estudo que seguem, em primeiro momento, apresentando três técnicas de moldagem tradicional que utiliza o gesso como matriz, sendo elas, moldes prensado e perdido e fundição em cimento, todas experienciadas no Laboratório 8 do Departamento de Artes Visuais da UFPE, sob os cuidados da professora Suely Cisneiros e seu auxiliar técnico Leandro Nascimento. Em seguida será enfatizado o percurso do desenvolvimento técnico em cerâmica no fazer de moldes através de fabricação digital e o comparativo entre os resultados obtidos.

2.1 Molde prensado

Na técnica de molde prensado, a massa cerâmica é aplicada em pequenos pedaços, rolos, tiras ou lascas, e pressionada com os dedos para que se adapte perfeitamente ao molde, de modo que a espessura da massa cerâmica permaneça uniforme. Este tipo de molde pode ser formado por uma ou mais partes de terracota ou gesso (Chavarria, 2000, p.6).

Feita a modelagem em argila (Figura 1a), iniciamos com o gesso, que foi usado para moldar a peça. Nesta etapa, não raro divide-se o molde para escapar dos pontos de oclusão, que ocorrem, principalmente, em partes de baixo relevo onde o preenchimento com gesso impede o desmolde. Por exemplo, a cavidade nasal torna-se espaço de obstrução quando não são consideradas as divisões adequadas, acarretando à cópia fratura nesta região. Para a feitura do molde de gesso, foi necessário montarmos uma barreira de contenção (Figura 1d), com o objetivo de delimitar o volume a ser ocupado pelo gesso. Para isso, abre-se uma placa de barro com espessura de aproximadamente 1 cm. Neste caso, foi utilizada pressionando o barro sobre um bloco de gesso (Figuras 1a, 1b e 1c). A placa de barro deve ser suficiente para cobrir e ultrapassar a altura da peça. Os ajustes e

cortes foram feitos com o auxílio de uma faca. Tomamos cuidado com as extremidades da faixa, mantendo-as retas.

FIGURA 1 - Processo - Molde Prensado

- a) Peça modelada em argila;
- b) Corte de placa de argila para barreira de contenção;
- c) Placa para barreira de contenção finalizada;
- d) Colocação de barreira de contenção;
- e) Complementação de barreira de contenção;
- f) Acabamento de barreira de contenção;
- g) Detalhe, peça dentro de barreira de contenção;
- h) Detalhe, reforço na barreira de contenção.



Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

O lado que permanece em contato direto com o gesso será o lado mais liso. Devemos, então, favorecer o acabamento no outro lado com o auxílio de uma espátula para garantir que o mesmo não apresente rachaduras. A barreira deve ser formada ao redor da peça a ser moldada (Figura 1e, 1f, 1g e 1h). Deve-se adicionar reforços (Figura 1f) que são pressionados com os dedos de encontro com a barreira e a superfície em que a peça está.

FIGURA 2 - Preparação do gesso
a) Gesso, formação de ilhas;
b) Preparação de gesso;
c) Despejando gesso sobre a peça;
d) Despejando gesso sobre a peça.



Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Então preparamos a mistura do gesso (Figura 2b), polvilhando-o aos poucos, de maneira contínua e com movimentos circulares em um recipiente com água, até que se observe ilhas (Figura 2a). Ao percebermos a formação sabemos que a proporção está correta e que o gesso estará pronto para mistura, a literatura especializada recomenda seguir a proporção indicada pelo fabricante (a preparação do gesso será melhor abordada mais adiante, no capítulo 2).

O líquido é despejado lentamente no interior da barreira de contenção (Figura 2c e 2d), de modo a evitar formação de bolhas de ar. Durante a catalisação, o gesso libera calor devido sua reação com a água. Percebemos em seguida, o momento adequado para desmoldagem, quando o gesso esfria ao toque, então retiramos a barreira e todo o conteúdo do interior do molde.

O molde pode ser limpo com água e as rebarbas retiradas com uma faca ou estilete, de modo a facilitar o futuro desmolde. Para obtermos a cópia, basta pressionar a argila no interior da peça, iniciando pelas partes com maior cavidade em direção às extremidades, retiramos a peça adicionando um pouco mais de argila, além do suficiente para cobrir o molde, devemos então pressionar e puxar, desse modo a peça sairá com facilidade. Caso seja necessário, adicionamos detalhes finais e tornamos a peça oca, após esta etapa a mesma estará pronta.

2.2 Molde Perdido

O nome “perdido” refere-se à necessidade de quebra do molde no fim do processo, portanto, com esta técnica obtemos uma única cópia, prova de artista (P.A. do artista). O molde segue conforme a complexidade do modelo: constitui-se de uma ou mais partes, habitualmente elaboradas sobre o próprio modelo em argila (Chavarria, 2000, p.6).

Foi confeccionado molde bipartido de um modelo em argila. Assim como no exemplo anterior, o processo é iniciado com a modelagem da peça que se deseja moldar (Figura 3a). Com o modelo finalizado, é montada a contenção (Figuras 3b e 3c), com placas de espessura de aproximadamente 1 cm, como visto anteriormente.

Os cuidados para com o corte e acabamento das placas seguem os mesmos do exemplo anterior a fim de prevenir eventuais fechaduras na contenção do gesso, a barreira deve ser formada ao redor da peça e apresentar suas divisões (Figuras 3b

e 3c), neste caso a peça será dividida em duas partes, o molde será feito respeitando a quantidade de partes ou taceos, um por vez.

FIGURA 3 - Processo - Molde Perdido.

- a) Peça a ser moldada;
- b) Colocação de barreira de contenção;
- c) Colocação de barreira de contenção;
- d) Pigmentos minerais industrializados;
- e) Gesso pigmentado;
- f) Camada de aviso;
- g) Aplicação de desmoldante (sabão líquido);
- h) Molde Aberto.



Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Optamos por posicionar a peça na horizontal. Em sua contenção foram feitos pequenos furos, conhecidos como encaixes. Eles permitirão o perfeito encaixe entre as partes do molde. As (Figuras 3g e 3h), ilustram estes encaixes. Após a confecção da contenção, inicia-se o preparo do gesso, como visto anteriormente (Figuras 3e e 3f). Nesta etapa também acrescentamos pigmento à mistura (Figura 3d).

O gesso é aplicado em camadas, com a peça na vertical idealmente aplicamos uma fina camada de gesso colorido de maneira que ele penetre em todas as áreas (detalhes) a serem moldadas, a aplicação é feita com as mãos, esta primeira camada indica o quão próximo se está da peça na hora da remoção da fundição, recebendo o nome de camada de aviso (Figura 3h).

Com a primeira camada de gesso pronta, preparamos a segunda, que é feita do mesmo modo, porém sem adição de cor. Nessa camada o gesso necessita de uma consistência um pouco mais rígida, porém maleável. A nova camada é adicionada em cima da anterior, dando acabamento arredondado no molde. A (Figura 3f) ilustra o gesso sem o pigmento em contraste com o gesso pigmentado de azul.

Após solidificação do gesso, removemos a barreira ou muro de contenção, que divide os tacelos e damos início a segunda parte do molde, sendo necessário a utilização de um desmoldante como o detergente líquido diretamente no gesso com o auxílio de um pincel. Uma camada generosa é suficiente. Repetimos o mesmo procedimento do outro lado.

Com a confecção das partes, dá-se início a abertura do molde. Para tal pode-se utilizar uma faca, basta posicioná-la no encaixe e bater com algo rígido no cabo (Figura 3h), as partes devem separar com facilidade. Após a separação é necessário aparar as rebarbas e lavar o molde em água corrente. Por fim, se amarram as partes com um elástico para evitar o desencaixe.

2.3 Fundição em Cimento

A fundição consiste no preenchimento de um molde com material líquido que venha solidificar no interior deste. Como exemplo, usualmente são empregadas em obras artísticas matérias primas como: gesso, metal, cimento, resina, cera, parafina e outros. Com a finalidade de exemplificar a técnica tradicional de fundição artística em moldes de gesso, foi utilizado o cimento.

A preparação do molde inicia-se com a sua submersão em água (Figuras 4b), onde é possível perceber que do gesso saem bolhas de ar (Figura 4a), sendo importante aguardar até que as bolhas diminuam ou cessem. Na etapa seguinte o molde recebe uma camada de desmoldante, neste caso untamos vaselina sólida nas duas partes (Figura 4c). Fechamos com uma amarração feita de arame (Figura 4d) e posicionamos o molde de cabeça para baixo sobre uma base estável.

O cimento deve ser depositado em duas camadas. A primeira (Figura 4e), na proporção de uma parte de cimento para uma de areia. A mistura deve estar em consistência mais líquida. Seu preenchimento corresponde a uma fina camada nas paredes do molde. Já a segunda camada (Figura 4g) possui consistência de “farofa”, com proporção de duas partes de areia para uma de cimento, ela deve preencher o interior, resultando em uma peça maciça.

A fundição em cimento exige de três a quatro dias para a quebra do molde. A abertura do molde deve ser cautelosa, principalmente ao subtrair a camada de aviso. Devemos talhar o molde com cautela, mas, caso a peça seja danificada é possível restaurá-la, (Figura 5a, 5b e 5c). Neste caso aplicamos cola branca escolar, e fizemos reposição de áreas faltantes com resina sintética misturada com cimento, para a finalização do trabalho. Por fim, fizemos a remoção das rebarbas utilizando formão e lixa (Figuras 5a).

Colorimos a peça (Figura 5h), através de mistura em consistência pastosa contendo: pigmento, cimento e resina sintética. Ela cobrirá todos os poros restantes, e sua aplicação deverá ser realizada em movimentos circulares. Este procedimento requer a utilização de lixas para um bom acabamento final e, caso julgue necessário, ainda é possível aplicar verniz sobre a peça (Figura 5f).

FIGURA 4 - Processo - Fundição em cimento

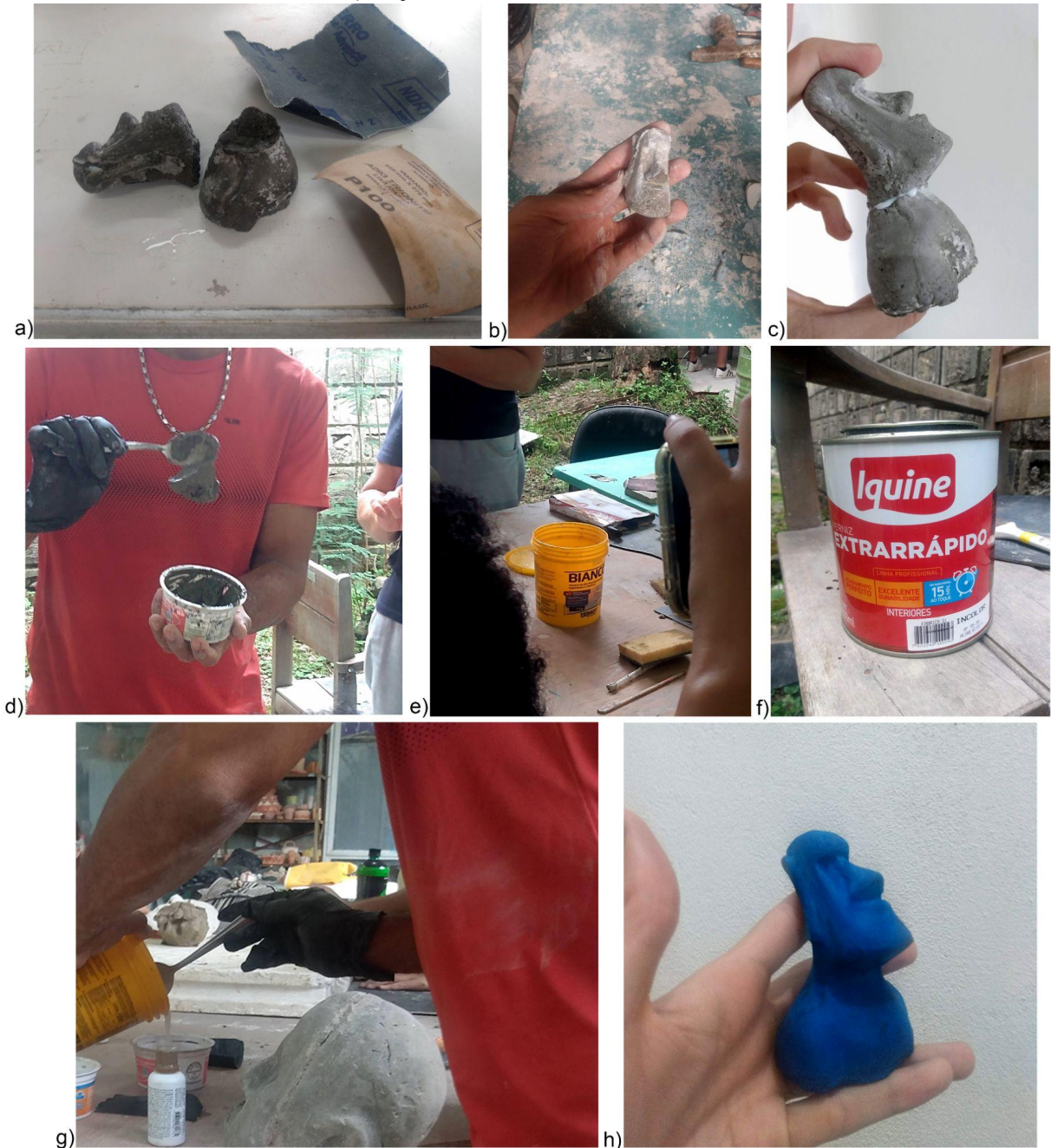
- a) Bolhas de ar;
- b) Molde submerso em água;
- c) Aplicação de desmoldante;
- d) União das partes com arame;
- e) Mistura de cimento e areia, primeira camada;
- f) Limpeza externa do molde;
- g) Mistura de cimento e areia para segunda camada;
- h) Deposição da primeira camada no molde,



Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

FIGURA 5 - Acabamento e restauro

- a) Peça quebrada sendo lixada;
- b) Detalhe, peça quebrada;
- c) Colagem - Restauração de fundição em cimento;
- d) Consistência ideal da massa;
- e) Resina sintética;
- f) Verniz;
- g) Restauração de fundição em cimento;
- h) Peça finalizada.



Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

3 FABRICAÇÃO DIGITAL E PROTOTIPAGEM RÁPIDA ADITIVA

A FD envolve diversas técnicas de produção automatizada, segundo (Pupo, 2009, p.41) “existem três maneiras nas quais os objetos podem ser produzidos com a produção automatizada, que são os processos subtrativo, formativo e aditivo. Cada uma com suas propriedades e características”. Seguindo esta classificação, escolhemos o processo aditivo baseado em material sólido FDM e o processo aditivo baseado em material líquido SLA.

A PRA, também conhecida como manufatura aditiva, é um conjunto de tecnologias que possibilitam a modelagem e visualização de objetos tridimensionais em ambiente digital, e sua materialização através de sistemas computacionais e máquinas, permitindo a reprodução de protótipos complexos na fabricação de moldes, processo popularmente conhecido como impressão 3D, segundo Volpato (2017) a manufatura aditiva é fruto de um processo de fabricação realizado a partir da adição sucessiva de camadas de material a partir da geometria tridimensional fornecida por um sistema computacional.

O professor e designer digital Thiago José Cóser (2010) descreve o estágio virtual como o “desenho do modelo que pode ser submetido a experimentos sem mesmo ter sido produzido fisicamente” (Cóser, 2010, p.16). Esta etapa caracteriza-se pelo uso de *software* na construção de protótipos, sistema conhecido como *Computer Aided Design* CAD. Ainda, segundo Cóser, em segundo estágio quando o modelo é confeccionado por adição de material ele “é construído seguindo o paradigma de criação em camadas” (Cóser, 2010, p.16), em processo de fabricação controlado por computador, sistema conhecido como *Computer Aided Machining* ou *Computer Aided Manufacturing* CAM.

A Prototipagem rápida, portanto, integra os sistemas CAD/CAM na obtenção das peças. De acordo com Coser, “A tecnologia integrada dos dois sistemas gera o par CAD/CAM, no qual podemos gerar uma peça virtual (vista na tela do computador) e obter sua saída física automatizada por uma integração com o software e a máquina de fabricação” (Cóser, 2010, p.15).

Testes virtuais representam vantagem sobre os processos de fabricação tradicionais. A construção de modelos para fabricação de peças em cerâmica pode levar em consideração, por exemplo, a retração da massa, permitindo prever as etapas de secagem e queima das peças. Neste exemplo, será considerada uma

variável de acordo com o tipo de argila utilizada. Outra vantagem deste processo na obtenção de moldes está na capacidade de replicação das peças e a possibilidade de repartições digitais dos modelos, fatores que podem contribuir para uma maior precisão e economia de recursos.

No decorrer da fabricação, as peças foram comparadas com ênfase nas diferenças e semelhanças de cada tecnologia na reprodução em gesso. Para isso, foram utilizados dois sistemas de PRA para a obtenção dos modelos: SLA e FDM, ambos funcionam por adição de camadas. Para exemplificar, algumas características foram reunidas, conforme tabela 1.

TABELA 1 - Comparação entre as tecnologias de SLA e FDM

Processo	<u>SLA</u> material líquido	<u>FDM</u> material sólido
Precisão	Excelente	Regular
Resistência	Boa	Boa
Variedade de Materiais	Pequena	Pequena
Custo	Alto	Médio

Fonte: (SILVA, et al, 2004, p.19)

Segundo o professor Jonas de Carvalho (2006) os processos de PRA funcionam por adição de material e eles são “agrupados pelo estado ou forma inicial da matéria-prima utilizada para fabricação” (Carvalho e Volpato, 2016, p.9). Neste sentido, classificam-se em: sólidos, líquidos, pó ou lâminas, categorias baseadas no estado inicial em que a matéria-prima utilizada se encontra (Pupo, 2029, p.59).

Seguindo classificação apresentada por Carvalho, o SLA é um processo que utiliza matéria-prima em estado líquido antes de ser processada: “nesta categoria, encontram-se as tecnologias em que envolvem a polimerização de uma resina líquida por um laser UV” (Carvalho e Volpato, 2016, p.9). O SLA utiliza resina líquida fotocurável e constrói suas camadas através da projeção de luz UV (ultravioleta). De modo gradual serão curadas e depositadas todas as camadas na plataforma.

Seguindo a mesma classificação, o sistema de impressão por FDM, é um processo que utiliza matéria-prima em estado sólido, “podendo estar em forma de filamento, lâmina ou outro qualquer” (Carvalho e Volpato, 2016, p.9). Seu

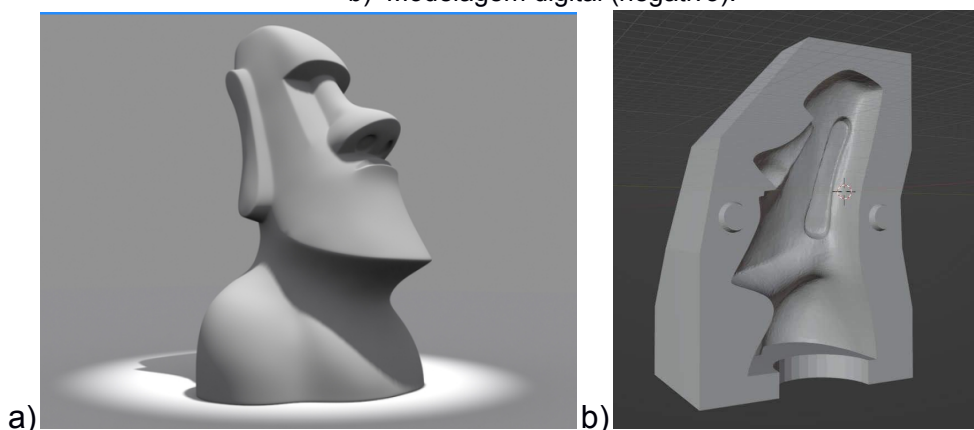
funcionamento se dá através do aquecimento e derretimento dos filamentos e sua deposição através de camadas, de modo que cada camada depositada funde-se com a anterior.

3.1 Modelagem e simulação digital

Para impressão do molde, foi selecionado arquivo digital disponível na plataforma thingiverse.com. A escolha levou em consideração a simetria do modelo, característica que facilitou a elaboração do molde bipartido (Figuras 6a e 6b). O arquivo utilizado foi exportado no formato STL (*standard triangle language*) e modificado com o programa de computador de código aberto Blender, segundo (Buhagiar, 2022, p.68) “o arquivo representa a geometria de uma superfície a partir de uma malha poligonal formada por triângulos.” Trate-se portanto das formas geométricas que serão materializadas através da PRA.

Com o Blender foi possível modelar o negativo do modelo (molde), visualizar previamente suas divisões, pontos de oclusão e encaixes ou tarugos (Figura 6b). O arquivo então foi aberto em software fatiador para impressão 3D Chitubox (Figura 40), que gerou todas as configurações necessárias para a execução do modelo através de máquina de impressão 3D.

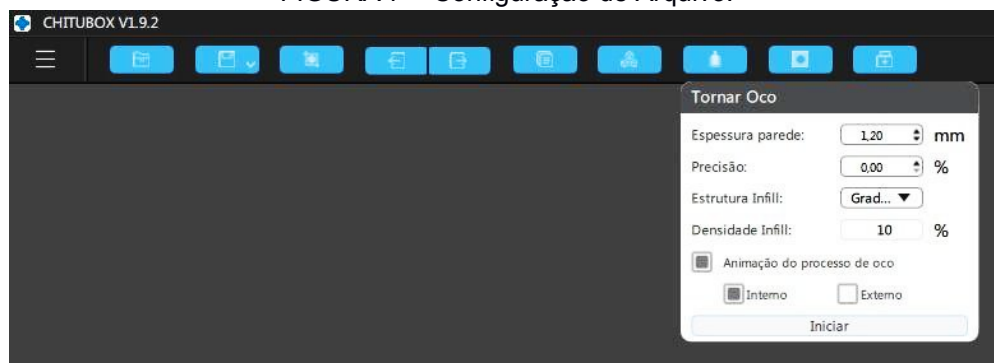
FIGURA 6 – Modelo digital
a) Arquivo Moai;
b) Modelagem digital (negativo).



Fonte: Visualização da interface da ferramenta Blender com Modelo digital, disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:144668>. Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Com as informações geradas pelo fatiador, a impressora empilha todas as camadas, umas sobre as outras. Dentre as configurações se destaca o padrão de preenchimento interno. É importante evitar peças maciças, esta medida assegura o comportamento adequado da resina e economiza filamento.

FIGURA 7 – Configuração de Arquivo.



Fonte: Fatiador para impressoras 3D Chitubox. Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

O software fatiador, neste caso, utilizamos o Chitubox v.1.9.2, segundo (Buhagiar, 2022, p.72) ele é responsável por “ajustes como: espessura (altura) de camada, espessura de paredes, percentual e geometria de preenchimento, configuração de estruturas de suporte”. Estas configurações impactam diretamente na definição da impressão, ou seja, na capacidade de reprodução dos detalhes pela máquina. Foram utilizadas para altura de camada em impressão SLA 0,02 mm e FDM 0,2 mm, ambas com espessura de camada 1,2 mm.

3.2 Impressão 3D e pós-processamento

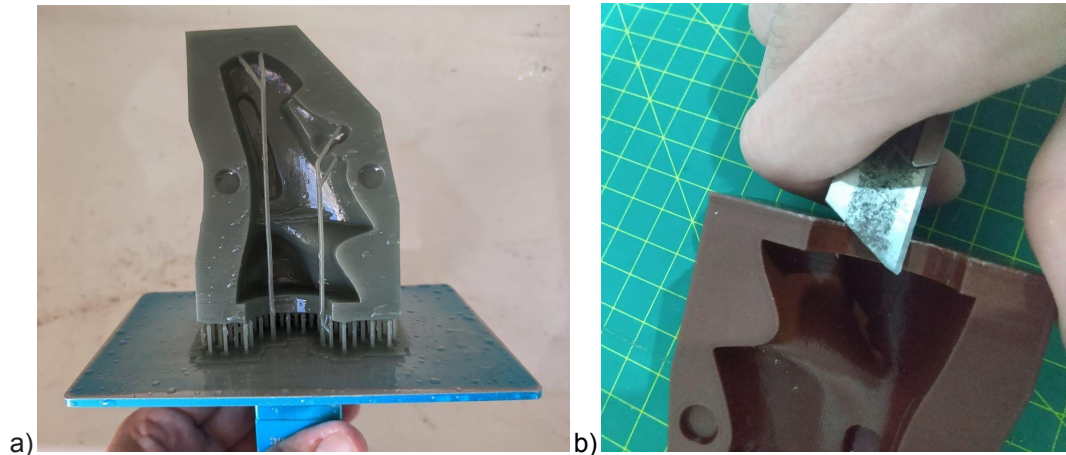
Ainda no software de fatiamento foram aplicados suportes. Eles são responsáveis por dar sustentação às camadas que estão “flutuando”, ou seja, que não possuem outras camadas por baixo. Na impressão em resina (Figura 8a), é possível retirar os suportes e rebarbas com auxílio de um estilete na etapa de pós-processamento, esta etapa pode incluir, conforme Buhagiar (2022) a remoção de suportes, rebarbas, limpeza de superfície, entre outras atividades.

Na impressão FDM, as rebarbas também são retiradas com o auxílio de um estilete (Figura 8b). Normalmente, saem com certa facilidade. No acabamento,

também pode ser utilizado solvente com finalidade de tornar imperceptível as marcas visíveis entre as camadas. Contudo, a suavização das linhas não foi empregada nesta pesquisa, pois ao fazê-lo perderíamos informações importantes do modelo impresso.

FIGURA 8 - Acabamento de impressão em FDM

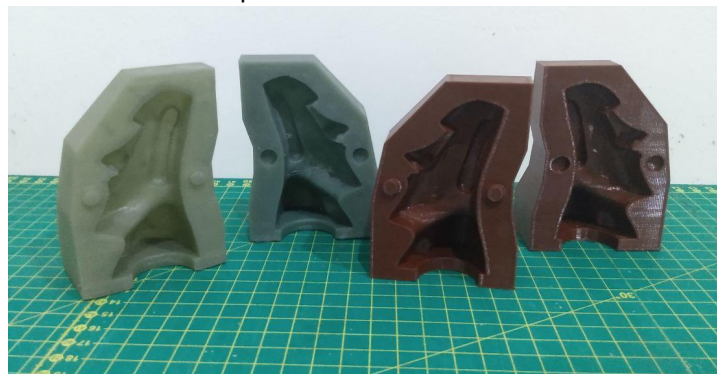
- a) Suportes de impressão em SLA;
b) Acabamento com estilete FDM.



Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Ainda na etapa de acabamento (pós-processamento), algumas diferenças importantes foram percebidas. A impressão em FDM solidifica rapidamente, sendo necessário poucos procedimentos, como a retirada de suportes e acabamento com lixa. Já o sistema SLA, é aconselhável o enxágue para eliminação dos excessos de resina. Neste caso utilizamos água, pois a resina utilizada é solúvel em água. No entanto, existem no mercado resinas solúveis em solvente. Em ambos os casos deve ser feita a cura final do material utilizando luz UV.

FIGURA 9 - Impressões nos sistemas FDM e SLA.



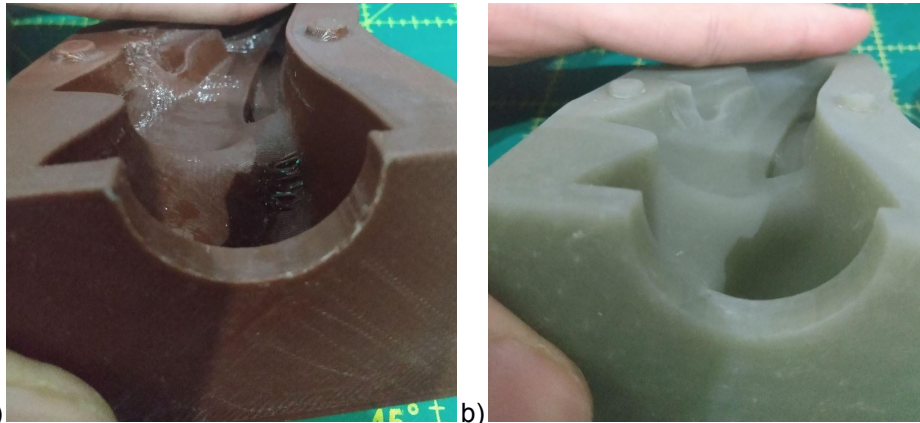
Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Observamos que a impressão em SLA melhor preservou os detalhes do modelo digital, principalmente nas regiões onde apresentam curvas e reentrâncias. A tecnologia FDM entregou resultado marcado por linhas e rebarbas, no entanto, as marcas foram sutis e geram ruídos pouco perceptíveis, conforme mostram as (Figuras 10a e 10b).

FIGURA 10 - Detalhes de Impressão

a) Impressão em FDM;

b) Impressão em SLA.



Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

4 MOLDES DE GESSO, FUNDIÇÃO EM BARBOTINA, ACABAMENTO E QUEIMA

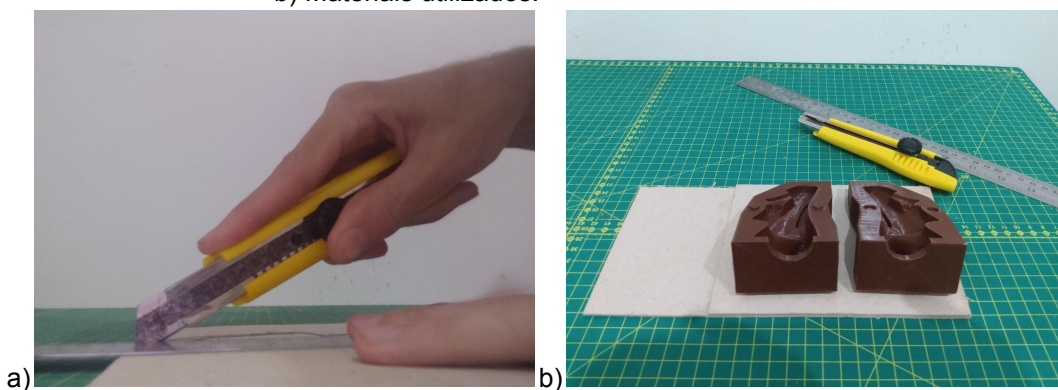
Com o acabamento das impressões finalizado, obtivemos seus respectivos negativos. Para este processo, foi utilizado borracha de silicone flexível e vaselina sólida. O ideal é formar uma camada espessa de silicone para que o molde de gesso mantenha suas proporções corretas. O espaço para borracha de silicone líquida, foi delimitado através de uma barreira de contenção feita com papel paraná (figuras 11a e 11b).

As caixas foram confeccionadas através da técnica de cartonagem e para isso utilizamos os seguintes materiais: papel paraná, cola, estilete, régua, fita crepe, caneta e base de corte. Com régua de metal e estilete, foram cortados quatro pedaços medindo 16 x 5,5 cm, quatro medindo 12,5 x 5,5 cm e dois medindo 16 x 12 cm. Todos os pedaços foram colados com o auxílio de fita crepe (Figura 12a). A fita auxilia na sustentação das partes enquanto a cola não seca. Iniciamos por uma das laterais e, em seguida, colamos a lateral na extremidade oposta, para só, então, finalizarmos a caixa colando os outros dois lados.

FIGURA 11 - Confeção de caixa de papelão

a) Detalhe, cortando papelão;

b) Materiais utilizados.

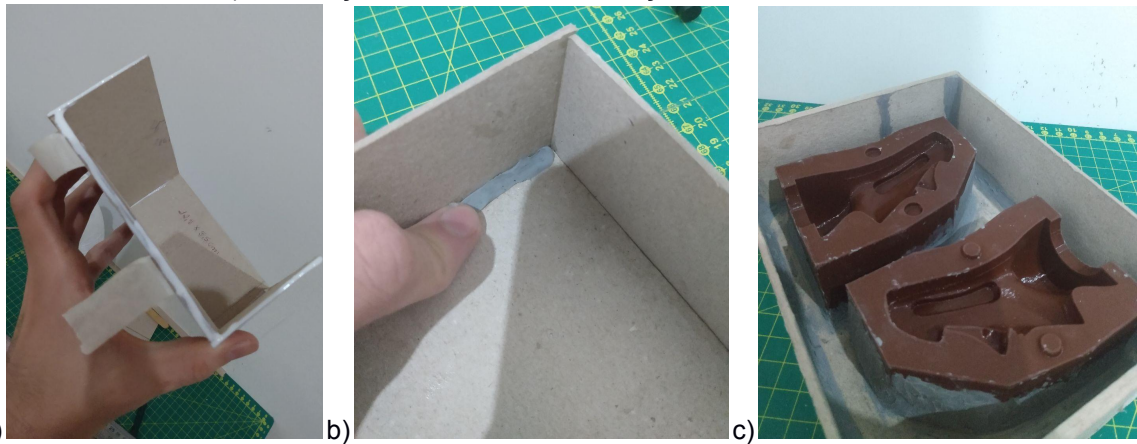


Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Vale salientar que, a cartonagem poderia ser substituída caso na pesquisa tivéssemos optado por imprimir a barreira de contenção, ao invés de confeccioná-la com papel paraná, além disso, outros materiais mais resistentes a água poderiam substituir o papel paraná, como o PVC expandido ou madeira, por exemplo.

FIGURA 12 - Confecção de barreira de contenção - caixa

- a) Colagem;
 b) Preenchimento de fendas com plastilina;
 c) Finalização de barreira de contenção.

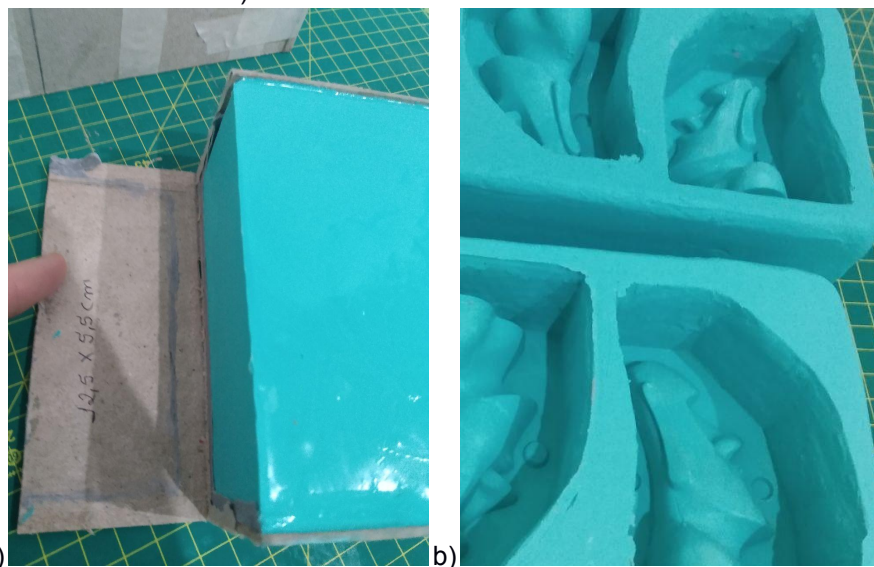


Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Utilizando massa plástica ou plastilina, cobrimos todos os encaixes entre os pedaços de papelão (Figura 12b), com finalidade de impedir que a borracha de silicone escape entre as frestas, acomodamos, então, o modelo impresso dentro da caixa. Devido ao formato da peça, foi necessário preencher o espaço inferior (Figura 12c), esta etapa foi concluída com o auxílio de uma esteca, ferramenta que geralmente é utilizada no desbaste em massas cerâmicas.

FIGURA 13 - Desmolde do silicone

- a) Abertura de caixa (barreira de contenção);
 b) Moldes de silicone.



Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Toda a superfície foi untada com vaselina sólida. Este procedimento, facilitou o desmoldante após a borracha de silicone líquido catalisar, sendo esta uma recomendação padrão dos fabricantes. A aplicação foi realizada com o auxílio de um pincel, com uma fina camada de vaselina. Esta preocupação é necessária, visto que o silicone pode copiar as marcas deixadas pelas cerdas do pincel, transferindo a textura para o molde de gesso.

Seguindo orientações do fabricante, ao abrir o pote de silicone líquido é necessário homogeneizar todo o material. Fizemos este procedimento com uma espátula raspando as laterais e o fundo do pote, com o uso de uma balança de precisão foi pesado uma parte de borracha silicone líquida e a esta parte, acrescentamos a proporção de três por cento (3%) de catalisador na mistura sobre o peso/massa do silicone a ser utilizado, sendo necessário homogeneizar os dois componentes químicos antes de despejá-los no molde.

Conforme recomendação do fabricante, a borracha de silicone deve ser preparada em pequenas porções, com especial atenção para a formação de bolhas. O material deve percorrer toda a superfície até atingir o topo da caixa (Figura 13a). O desmolde foi realizado após vinte e quatro horas, com procedimento realizado em local arejado à temperatura ambiente. Seguindo as orientações, a peça deve apresentar dureza Shore A 14 após a cura, resultando em um produto elástico e resistente.

O silicone deve desprender-se facilmente das superfícies (Figura 13a e 13b). Após remover a barreira de contenção, se faz necessário retirar a plastilina e os moldes impressos, o procedimento de movimentar o silicone pode ser empregado para facilitar o desmolde. Algumas rebarbas são retiradas neste momento, após o procedimento o molde de silicone estará pronto para uso. Este processo foi igualmente realizado nos dois sistemas de processo aditivo baseado em material sólido (FDM) e no processo aditivo baseado em material líquido (SLA).

Com o próprio molde de silicone é possível medir a quantidade de água a ser utilizada na preparação do gesso (Figuras 14a e 14b), com um recipiente apropriado calculamos a quantidade de gesso necessária à preparação, vale salientar, que o fabricante recomenda que o cálculo da quantidade de água seja feito com grãos, em geral arroz, já que nem todos os moldes de silicone permitem o armazenamento de água em seu interior.

A preparação segue com o gesso sendo polvilhado aos poucos, de maneira contínua e com movimentos circulares, até que se observe ilhas (Figura 14c), neste momento é necessário aguardar até que todo o gesso esteja hidratado (escuro), para então iniciar a mistura do material. A mistura pode ser feita com as mãos, durante o processo também é possível dar algumas batidas no pote para que as bolhas de ar estourem. A literatura especializada recomenda seguir a proporção indicada pelo fabricante do gesso, a tabela 2 reúne as principais proporções.

TABELA 2 - Preparação comum do gesso

Tipo	Gesso	Água
Moldes muito compactos	62 g	38 cl
Moldes Normais	55 g	45 cl
Moldes porosos	50 g	50 cl

Fonte: (Chavarria, 2000, p.7).

Também recomendamos a utilização de tipos diferentes de gesso para cada finalidade, segundo a artista plástica Frigola (2006), o gesso empregado na confecção de moldes distinguem-se quanto ao seu tipo, dividindo-se em dois: Alfa e Beta, em moldes servem com finalidades distintas, conforme demonstra a Tabela 3.

TABELA 3 - Gesso utilizado para cada tipo de molde

Moldes prensados	Tipo Alfa
Matriz	3 partes de Alfa e 2 partes de Beta
Modelo	2 partes de Alfa e 3 partes de Beta
Molde de pressão	1 parte de Alfa e 5 partes de Beta
Molde de fundição	Tipo Beta
Molde de torno (ou roda de oleiro)	Tipo Beta

Fonte: (Frigola, 2006, p.57).

O gesso é um sulfato de cálcio obtido através do processo de desidratação, podendo-se distinguir entre Alfa ou Beta, diferenciando-se em características e modo de preparo. A Tabela 4 reúne os principais aspectos citados por Frigola.

TABELA 4 - Características do gesso Alfa e Beta.

Tipo	Característica	Preparo comum
Alfa	Denso, Possui grande dureza, Pouco poder de absorção, Permite acabamento com maior qualidade.	10 partes de gesso para 4 de água.
Beta	Grande capacidade de absorção, Para moldes de grande produção, Utilizado principalmente para moldes de fundição.	10 partes de gesso para 8 de água.

Fonte: (Frigola, 2006, p.57).

Segundo Chavarria (2000), o gesso de tipo Alfa é “obtido através da calcinação do gesso numa atmosfera saturada de vapor de água, sem agitação” (Chavarria, 2000, p.7), os gessos deste tipo são densos, duros e pouco absorventes, por estas características não são empregados em moldes, no entanto, o gesso do tipo Beta é “utilizado na elaboração de moldes, em especial pela sua grande absorção (Chavarria, 2000, p.7).

Após a mistura homogênea, o gesso endurece normalmente em aproximadamente vinte (20) minutos, este tempo pode ser acelerado utilizando água quente ao invés de fria ou utilizando batedeira. Se ao contrário, pretendemos retardar o processo, acrescentamos em pequenas quantidades, vinagre, ácido acético ou bórico à mistura (Frigola, 2006, p.57).

FIGURA 14 - Preparação do molde de gesso

- a) Medida de água;
- b) Água posta em recipiente para preparação do gesso;
- c) Formação de ilhas.



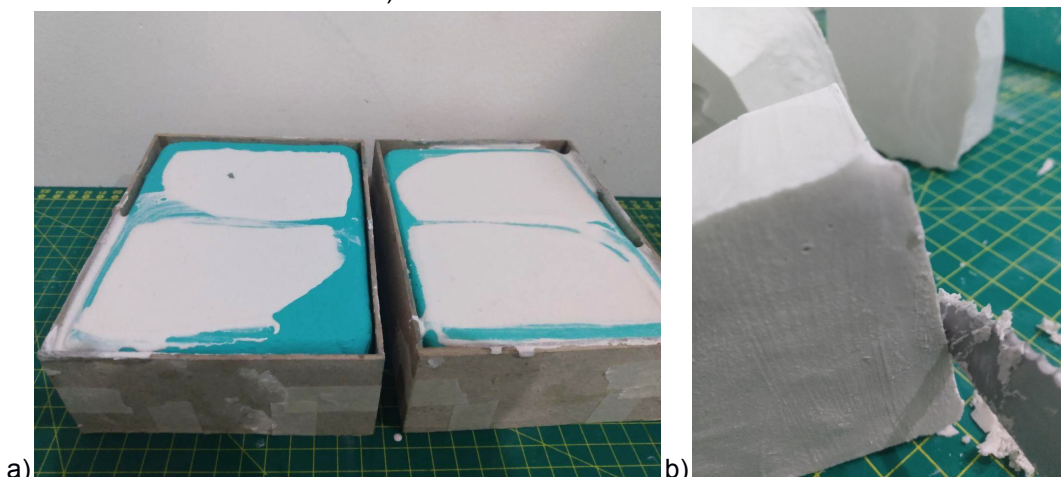
Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

O líquido é despejado lentamente no interior do molde de silicone, de modo a evitar a formação de bolhas de ar, durante o processo de catalisação o gesso libera calor, devido à sua reação com a água, percebemos o momento adequado para desmolde quando o gesso esfria ao toque, então todo o conteúdo do interior do molde é removido.

Importante registrarmos que o molde de silicone foi mantido dentro da caixa de contenção (Figura 15a) durante a fundição com gesso, este procedimento evitou distorções no formato final dos moldes, vale salientar que o papel paraná, material empregado na confecção da caixa de contenção, apresentou baixa resistência e se desfez após a utilização, recomendamos para esta finalidade material que seja resistente a água, como por exemplo pvc expandido ou madeira.

FIGURA 15 - Molde do gesso

- a) Múltiplos;
- b) Acabamento.



Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Após o desenforme do molde de gesso, é necessário aparar suas rebarbas e chanfrar suas arestas (Figuras 15b), esta ação previne que as “quinas”, local de fragilidade, não quebrem com facilidade. Outro aspecto importante a mencionar é o tempo de cura do gesso, que pode variar de acordo com o tipo de produto, validade ou até mesmo com o clima. Na pesquisa estabeleceu-se um tempo ideal de cinquenta (50) minutos para o desenforme e duas semanas para primeira utilização.

É possível repetir este processo e obter inúmeros moldes de gesso otimizando uma produção que jamais seria possível por vias tradicionais, porém é importante destacar que o silicone possui “vida útil”, para esta pesquisa fizemos

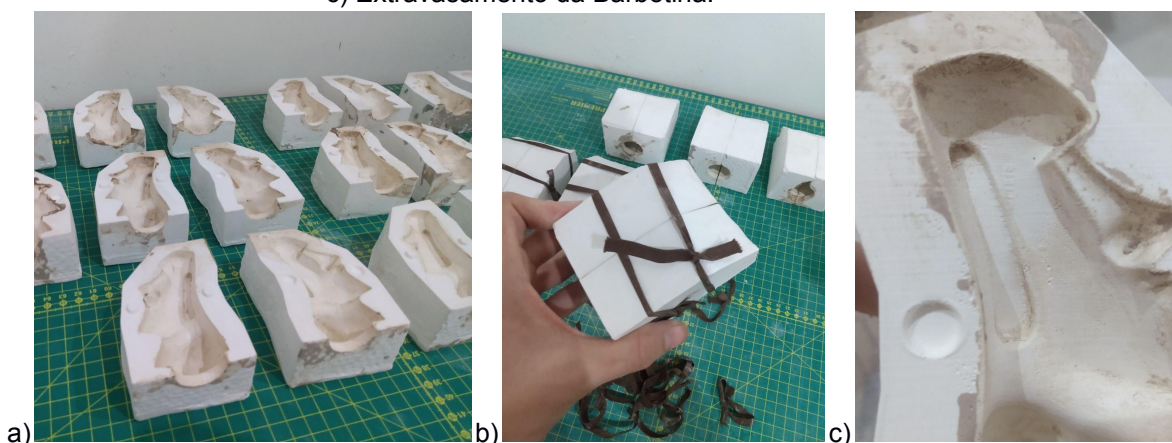
vinte (20) cópias de cada modelo, e durante os testes algumas informações do molde foram perdidas, mas não comprometeram o resultado final das peças, visto que pequenos detalhes podem ser corrigidos no acabamento. Foi observado também que quanto mais liso o acabamento do modelo impresso melhor foi preservado os detalhes do silicone durante o desenforme do gesso, sendo esta uma vantagem apresentada pelo sistema SLA por proporcionar uma melhor precisão das formas.

O fabricante do silicone destaca que a durabilidade do produto depende do tipo de material utilizado na fundição, número de cópias e modo de armazenamento, sendo recomendado mantê-los em local limpo e arejado, no entanto, uma vez inutilizado, podemos refazer nova matriz de silicone, em vista que ainda temos os modelos impressos.

4.1 Fundição em Barbotina

FIGURA 16 - Processos com molde do gesso

- a) Moldes após fundição;
- b) União das partes, fechamento do molde;
- c) Extravasamento da Barbotina.



Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Dos vinte (20) moldes bipartidos de gesso, dez (10) foram obtidos através do sistema FDM e dez (10) no sistema SLA, mantivemos unidas todas as amostras com elásticos (Figura 16b), este procedimento poderá evitar deformações durante a perda de umidade. O molde deformado propicia o surgimento de fendas na união entre as partes, gerando com isso um extravasamento de material (Figura 16c), e

uma consequente reposição de barbotina, ocasionando com isso um maior acabamento nesta região.

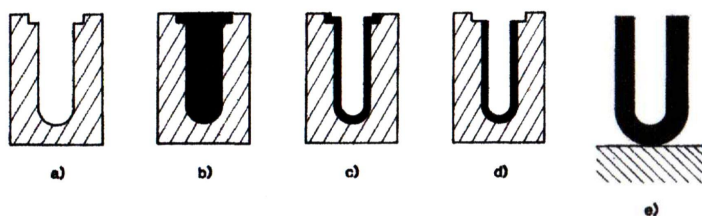
Segundo o Professor Dr. Fernando S. Ortega, a barbotina é uma massa cerâmica de consistência fluída, classificada como suspensão, ela resulta de uma combinação de operações, sendo elas: moagem, peneiramento a úmido, filtração e adição de desfloculante, sua baixa viscosidade permite a obtenção de corpos cerâmicos com geometrias complexas e alto grau de detalhamento, resultando em peças formadas por apenas uma camada depositada sobre a parede do molde, e não um corpo maciço (Ortega, 2021, p.2,7).

Empregamos a barbotina na obtenção de peças através de moldes de gesso, este processo é classificado como colagem de barbotina, segundo Ortega (2021) que envolve as seguintes etapas:

“a preparação da suspensão fluída, incluindo o uso de diferentes matérias-primas e incorporação de aditivos de processamento, beneficiamento da suspensão através de moagem, peneiramento ou outra forma de classificação, evacuação do ar para eliminação de bolhas, preenchimento de um molde poroso, formação da parede, drenagem, secagem parcial (com o corpo ainda na matriz), separação da matriz (desmoldagem) e, às vezes, limpeza e acabamento da superfície antes da secagem final” (Ortega, 2021, p.3).

Estas etapas estão ilustradas na (Figura 17), sendo (a) molde poroso; (b) molde preenchimento com barbotina; (c) drenagem da barbotina em excesso; (d) acabamento; (e) tempos prolongados de colagem fornecem paredes mais grossas (Ortega, 2021, p.4).

FIGURA 17 - Etapas de colagem de Barbotina



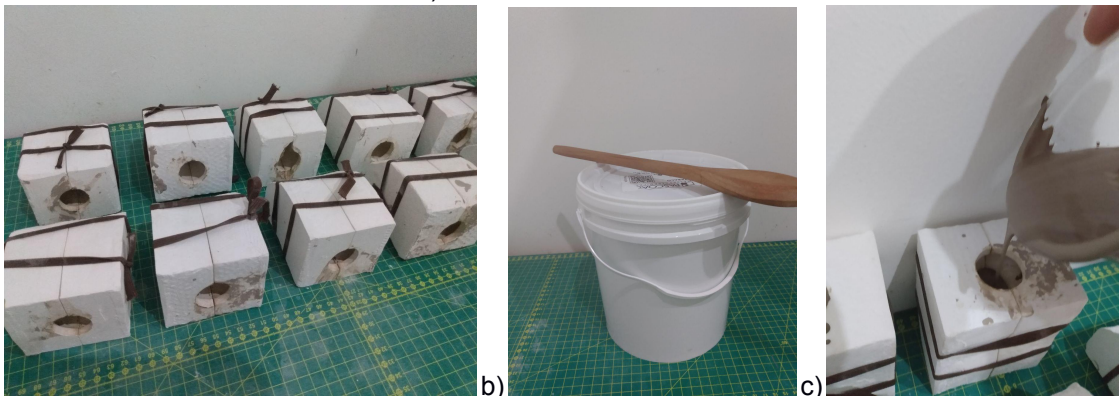
Fonte: (Ortega, 2021, p.4).

A formação de paredes ocorrem das extremidades para o centro, conforme a absorção do líquido pelo molde poroso, a espessura pode ser acompanhada e a

adição de massa pode ser necessária conforme a diminuição de volume (Figura 20a), outro aspecto relevante é a verificação dos elásticos, utilizados para unir as partes do molde, a checagem deste item antes de deslizar a barbotina poderá evitar o extravasamento da mesma (Figura 18a).

FIGURA 18 - Barbotina

- a) Moldes aguardando fundição;
- b) Barbotina industrial;
- c) Vertendo barbotina no molde.

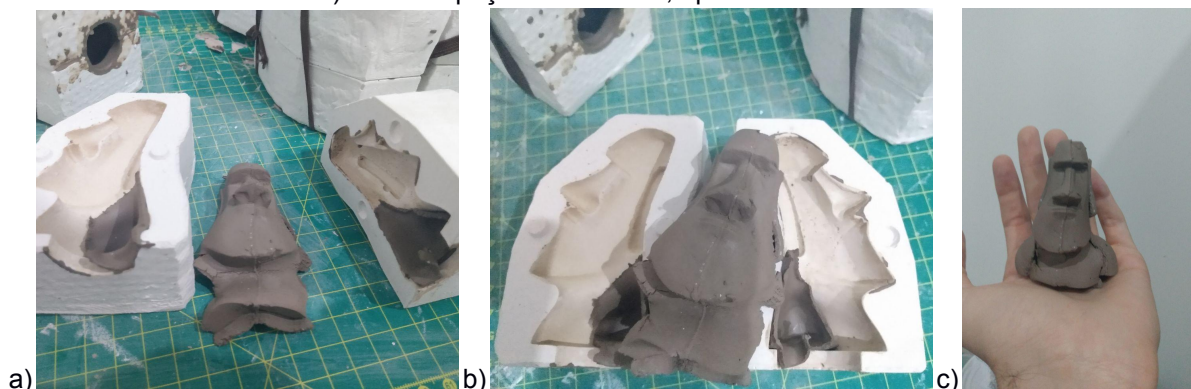


Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Para a pesquisa foi utilizado um pote de cinco (5) litros de barbotina industrial (Figura 18b), esta quantidade é suficiente para produzir sessenta (60) destas peças, antes da utilização homogeneizamos o produto com auxílio de uma colher de pau (Figura 18b), garantimos assim que as partículas mais densas depositadas no fundo do recipiente se misturem e formem uma solução consistente.

FIGURA 19 - Desmolde, primeiras experiências

- a) Desmolde prematuro;
- b) Detalhe de partes da peça no interior do molde;
- c) Primeira peça desmoldada, apresenta rachaduras.



Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Os registros dos primeiros desmoldes da fundição (Figuras 19a, 19b e 19c), demonstram que os resultados obtidos não foram satisfatórios, as peças não estavam firmes o suficiente e permaneciam presas às paredes do molde de gesso. Vários destes testes foram feitos, dentre eles, utilizando vaselina sólida no molde na tentativa de auxiliar esta etapa, porém no decorrer dos experimentos não se mostrou útil.

Para solucionar este problema empregamos diferentes tempos para a desmoldagem das peças, logo, percebemos que o desmolde pode ser afetado por alguns fatores dentre eles o clima e a vida útil do molde, portanto, não é possível estabelecer um tempo ideal, tornando necessário observar o momento em que a argila começa a desprender-se (Figura 20c).

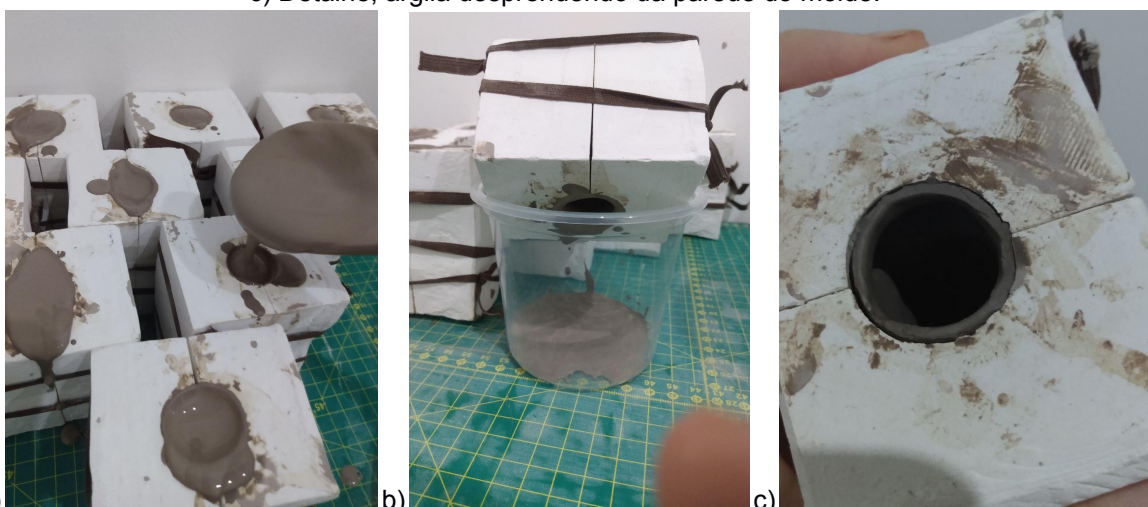
Também testamos as paredes de argila em diferentes espessuras, nestes testes. Passados cinco (5) minutos, a parede da peça demonstrou fragilidade deformando e dificultando o manuseio; com sete (7) minutos apresentou-se um pouco mais firme e permitiu um melhor manuseio, porém, com dez (10) minutos, mostrou-se ideal para as intervenções necessárias. Vale salientar, novamente, que o “tempo ideal” não se aplica, sendo necessário observar a espessura da parede de argila formada no molde, variando de acordo com o tamanho da peça, a espessura desejada e a “vida útil” do molde.

FIGURA 20 - Desmolde da peça em argila, ponto ideal

a) Reposição de barbotina;

b) Retirado excesso de barbotina;

c) Detalhe, argila desprendendo da parede do molde.



Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Embora o molde de gesso seja capaz de produzir várias cópias, para eles também existe “vida útil”, cada molde produz cerca de duas (2) peças por dia, este quantitativo ocorre devido a umidade que o material absorve, quanto mais cópias ele fizer, mais lento será o processo de secagem e, com o passar do tempo e das cópias, pequenos fragmentos (detalhes) são perdidos, que aumentará o trabalho da recuperação ou recomposição manual na etapa de acabamento.

4.2 Acabamento, pintura de esmaltação e Queima

FIGURA 21 - Diferenças entre as peças produzidas

- a) A parte frontal das peças produzidas a partir do sistema aditivo, baseado em material líquido (SLA) apresenta uma melhor conformação, enquanto a peça mais ao fundo, produzida a partir do sistema aditivo, baseado em material sólido (FDM) exibe maior irregularidade na forma;
- b) Na parte lateral, observamos um baixo-relevo significativo na cabeça do personagem à esquerda, com a peça produzida a partir do sistema aditivo sólido (FDM), enquanto o personagem à direita, produzido a partir do sistema aditivo líquido (SLA) não apresenta deformações relevantes;
- c) Parte posterior dos personagens segue o mesmo padrão.

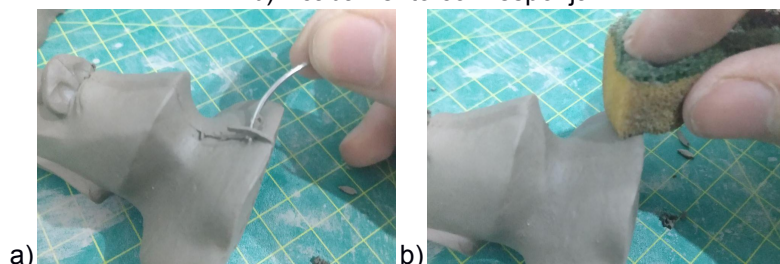


Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Após o desmolde fica nítido a diferença entre as peças (Figuras 21a 21b e 21c), a peça obtida através do processo aditivo baseado em material líquido (SLA) se destaca com um acabamento mais uniforme, necessitando pequenas intervenções. Já a peça produzida através do processo aditivo baseado em material sólido (FDM), apresentou falhas na superfície, sendo necessário um maior número de intervenções. O acabamento de ambas foi realizado sem grandes artifícios, para tal finalidade utilizamos água, argila, esponja e ferramentas simples de desbaste (Figuras 22a e 22b).

FIGURA 22 - Acabamento

- a) Remoção de rebarbas, com auxílio de uma ferramenta;
b) Acabamento com esponja.

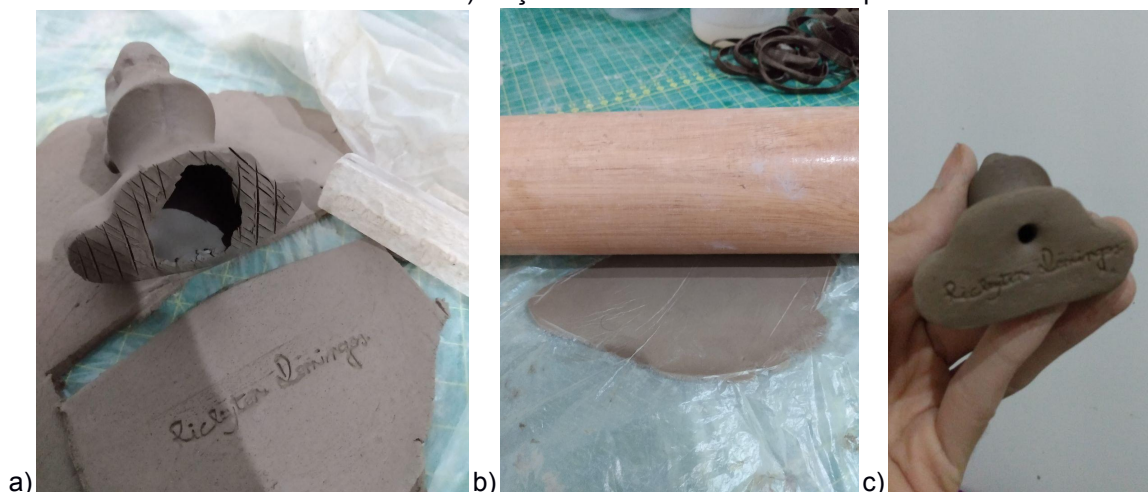


Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Para finalização da parte inferior da peça, abrimos uma placa com auxílio de um rolo de madeira. Foi necessário colarmos as partes utilizando a própria barbotina, pois a parte inferior da peça foi riscada (Figura 23a), para melhorar a aderência, uma perfuração central executada para a circulação de ar no interior da peça (Figura 23c), e adição de assinatura com carimbo de acrílico. Para a impressão ser bem sucedida, foi necessário polvilhar amido de milho, para evitar assim que a argila agarre no carimbo (Figura 23b).

FIGURA 23 - Assinatura

- a) Detalhe, carimbo e ranhuras para colagem com barbotina;
b) Abertura de placa com rolo de madeira;
c) Peça finalizada com um furo na parte inferior.



Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Foram produzidas vinte (20) peças semelhantes a esta da (Figura 24a), e, na etapa que antecede a queima apresentaram perda de volume ou retração da massa (Figura 24b), que ocorreu devido a evaporação de parte da água. Observamos também que neste ponto a argila apresentou rigidez, uma cor uniforme

e mais clara, este é o ponto de osso, ideal para primeira queima, conhecida como “queima de biscoito” (chacota).

FIGURA 24 - Múltiplos
a) Formas padronizadas;
b) Retração de massa.



Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

No ponto de osso podemos trabalhar de modo subtrativo, lixando e fazendo entalhes na peça, diferente do ponto de couro, quando ainda é possível fazer intervenção em seu formato com modelagem e adição de massa. O tempo para que a peça atinja o ponto de osso pode variar de acordo com o tamanho, clima, quantidade de massa utilizada, dentre outros. Com a peça em ponto de osso “a argila transforma-se em cerâmica entre 500 e 600°C e o biscoito (*biscuit*) é a peça de argila que foi queimada acima dessas temperaturas e ainda não foi esmaltada” (Penido e Costa, 1999, p.46), ainda segundo Penido e Costa (1999) durante a queima de biscoito ocorrem várias transformações, as principais estão listadas na tabela 5.

TABELA 5 - Queima de biscoito

TEMPERATURA	TRANSFORMAÇÃO
até 100°C	a água de plasticidade evapora
de 100 a 200°C	materiais orgânicos começam a queimar
de 500 a 600°C	a água quimicamente combinada desaparece e um novo material cerâmico se forma
acima de 600°C	carbonos, enxofres e outros elementos continuam a queimar, as partículas se aglutinam ocorre o encolhimento

Fonte: (Penido e Costa, 1999, p.47).

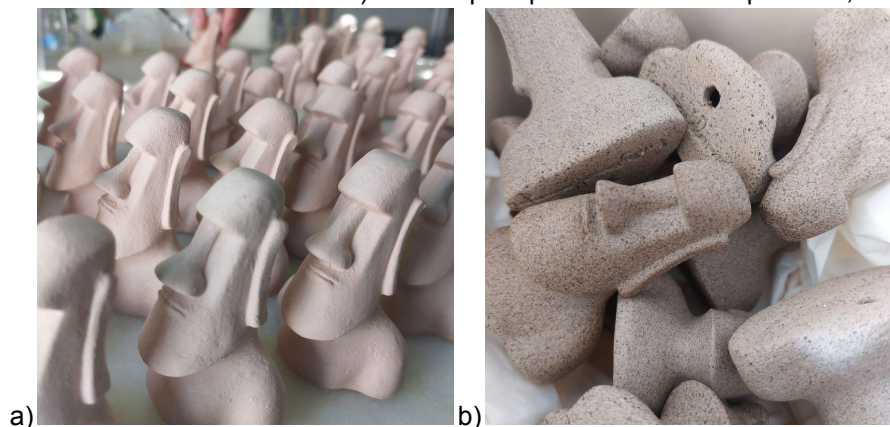
O maior risco de quebra durante a queima situa-se na faixa de temperatura entre 90 e 200°C (Penido e Costa, 1999, p.47). Foram realizadas queima de biscoito (Figura 25a) e queima de esmalte e sinterização de massa (Figura 25b e 27b), todas as queimas foram feitas em forno elétrico, no processo conhecido como biqueima, quando são realizadas duas queimas.

Ainda segundo Penido e Costa (1999) O forno elétrico possui atmosfera oxidante, pois “há oxigênio suficiente para permitir uma completa combustão” (Penido e Costa, 1999, p.69). Segundo a Artista Plástica e escritora Navarro (1997), os “fornos elétricos são muito adequados ao trabalho em *atelier*, já que não liberam fumos e são de manejo muito fácil”, (Navarro, 1997, p.45). Ainda sobre a atmosfera dos fornos e sua classificação, segundo Chavarria, (1992) os fornos elétricos queimam em uma “atmosfera completamente oxidante de aproximadamente 23% de oxigênio” (Chavarria, 1992, p.72) os fornos a gás, por sua vez, “podem produzir também este tipo de atmosfera, mas apenas com 6% de oxigênio” (Chavarria, 1997, p.72), portanto com a presença reduzida de oxigênio.

FIGURA 25 - Queima

a) Moais após queima de Biscoito;

b) Moais após queima de alta temperatura, sem esmalte.



Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Conhecer a atmosfera do forno por meio dos medidores de temperatura é uma ferramenta essencial para o controle da cozedura das massas e dos esmaltes, uma vez que normalmente fornos elétricos são equipados com termopar, equipamento capaz de aferir a temperatura da atmosfera interna do equipamento, e um outro medidor de temperatura muito utilizado são os cones pirométricos. Segundo Penido e Costa (1999), os cones foram criados no século passado pelo

químico alemão Hermann Seger , os americanos desenvolveram e usam os cones Orton, (Penido e Costa, 1999, p.68). Na Tabela 6, são apresentados os cones Seger e Oton com a indicação do número de referência e a equivalência de temperatura em graus Centígrados e Fahrenheit.

Ainda, segundo Navarro, “para maior segurança, colocam-se três cones pirométricos dentro do forno. O do meio assinala a temperatura desejada” (Navarro, 1997, p.44), Penido e Costa (1999), sobre o mesmo aspecto destaca que “recomenda-se usar três cones de números sucessivos - o intervalo médio entre os cones é de 17,5°C -, sendo o primeiro utilizado como aviso e o segundo para determinar a temperatura desejada” (Penido e Costa, 1999, p.68).

TABELA 6 - Cones Seger e Orton

Cones Seger		Cones Orton	
N.º	Temperatura °C	Temperatura °C	Temperatura °C
022	600	600	1112
021	650	614	1137
020	670	635	1175
019	690	683	1261
018	710	717	1323
017	730	747	1377
016	750	792	1458
015 a	790	804	1479
014 a	815	838	1540
013 a	835	852	1566
012 a	855	884	1623
011 a	880	894	1641
010 a	900	894	1641
09 a	920	923	1693
08 a	940	955	1751
07 a	960	984	1803
06 a	980	999	1830
05 a	1000	1046	1915
04 a	1020	1060	1940
03 a	1040	1101	2014
02 a	1060	1120	2048
01 a	1080	1137	2079
1 a	1100	1154	2109
2 a	1120	1162	2124
3 a	1140	1168	2134
4 a	1160	1186	2167
5 a	1180	1196	2185
6 a	1200	1222	2232
7	1230	1240	2264
8	1250	1263	2305
9	1280	1280	2336
10	1300	1305	2381
11	1320	1315	2399
12	1350	1326	2419
13	1380	1346	2455
14	1410	1366	2491
15	1435	1431	2608

Fonte: (Navarro, 1997, p.44).

Após a queima completa de uma peça cerâmica, é fundamental avaliar a qualidade do processo, considerando aspectos físicos, como cor e possíveis deformações, além de características sensoriais, como o som emitido pelas peças. A professora e pesquisadora Suely Cisneiros destaca a importância desses elementos

para a correta identificação da qualidade da cozedura cerâmica. Um conjunto de características foram reunidas pela autora e estão representados na Tabela 7.

TABELA 7 - Estados de uma pasta em três queimas

PASTA	IMATURA (queima incompleta)	MADURA (queima completa)	SOBRE QUEIMA
Cor	Normal ou mais clara	Normal	Normal ou mais escura
Deformação	Nenhuma	Nenhuma	Deformada (torção abatida ou fundida)
Dureza	Risca-se	Risca-se com dificuldade	Muito dura, não se risca
Porosidade	Muito porosa	Porosa	Pouco porosa ou vitrificada
Som	De madeira	Nítido (metálico)	Cristalino

Fonte: (Cisneiros Muniz, Suely, 2009, p.164).

Esses fatores são essenciais para determinar se a queima foi bem-sucedida e se o material resultante atende aos padrões esperados. Na pesquisa todas as peças foram queimadas em cone 010a (biscoito), e realizada segunda queima em cone 6a (vitrificação). O esmalte para cerâmica é um elemento que reveste a superfície, adicionando não apenas cor, mas também textura e decoração à peça, geralmente aplicado após a queima de biscoito em um processo conhecido como esmaltação, neste caso utilizamos pincel (Figura 26 b).

FIGURA 26 - Esmaltes, Ateliê Leandro Nascimento

- a) Mostra de esmaltes;
b) Esmaltação com pincel.



Fonte: Memorial técnico descritivo, comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina, Olinda, (Silva, 2023).

Para aplicação do esmalte, é necessário o uso de um veículo, onde utilizamos a água e o CMC (Carboxi Metil Celulose). Isso ocorre, porque o esmalte tem consistência de pó (Figura 26a), e necessita ser disperso em líquido antes de aplicá-lo uniforme na superfície cerâmica. Na preparação utilizamos quinze mililitros (15ml) de CMC para cem gramas (100g) de esmalte e cinquenta mililitros (50ml) de água. Após a aplicação de três (3) camadas, a peça é novamente levada ao forno para que o esmalte derreta e se funda com a superfície cerâmica. Neste contexto, Chavarria (1999), classifica os esmaltes de acordo com os quatros grupos inscritos na tabela 8.

TABELA 8 - Temperaturas baixas, médias, altas e muito altas na queima de esmaltes

Baixas temperaturas	Entre 920° C e 1050° C	Entre 1688° F e 1922° F
Temperaturas médias	Entre 1050° C e 1150° C	Entre 1922° F e 2102° F
Altas temperaturas	Entre 1150° C e 1280° C	Entre 2102° F e 2336° F
muito alta	Entre 1280° C e 1400°C	Entre 2336° F e 2552° F

Fonte: (Chavarria, 1999, p.12).

Foram realizadas diferentes combinações, algumas das peças, queimadas sem esmalte, outras com um ou dois esmaltes; após a queima de cone 6 algumas peças apresentaram pinholes¹, pois identificamos que um dos esmaltes utilizado foi queimado acima da temperatura ideal (*overfiring*) ou “supercozimento” (Penido e Costa, 1999, p.71), sendo feita queima posterior com novo esmalte em cone 6 para solucionar o problema, como demonstra a (Figura 27).

FIGURA 27 - Resultado pós-queima - esmaltação/ vitrificação



Fonte: Autor, Recife, 2024.

1- Forma de borbulhas, sobre este aspecto Penido e Costa classificam este evento como “formas graves de pinholes” (Penido e Costa, 1999, p.71)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O molde é um instrumento de reprodução de formas muito eficiente, ele também pode ser utilizado como ponto de partida para construção de peças únicas, onde a partir de uma forma pré-definida, o artista a modifica dando novas curvas e traços. Este processo é eficiente no seu propósito de reprodução de geometrias complexas, permitindo a vasta replicação das matrizes de gesso, apresentando pouco desperdício de material, além disso, a impressão 3D favorece a personalização, individualização e customização das peças.

Contudo, este processo pode apresentar desafios devido ao custo de produção, a velocidade de impressão, especialmente em configurações de melhor resolução, outro fator importante a ser ponderado é a mão de obra especializada, necessário os serviços de impressão e modelagem 3D, pois, segundo (Buhagiar, 2022, p.87) “a impressora 3D ainda não é uma tecnologia de utilização tão simples, para um usuário doméstico, quanto possa parecer. Em várias etapas, nesse processo, é requerido um conhecimento técnico mínimo”. Barreira que pode ser vencida através dos serviços online de empresas especializadas, deste modo, o tempo e custos que envolvem a modelagem digital, impressão e envio da peça torna-se um fator a mais a ser considerado.

A PRA, nem sempre é um processo de fato rápido, as máquinas podem passar dias imprimindo e suas limitações de tamanho e elevados custos podem fazer com que seja inviável desenvolver um projeto desta maneira. Por outro lado, no Brasil, é relativamente fácil encontrar equipamentos para uso doméstico em ambos os sistemas demonstrados na pesquisa, os fabricantes se esforçam para diminuir a complexidade dos equipamentos, é possível encontrar kits parcialmente montados (Buhagiar, 2022, p.77).

Na pesquisa a impressão em resina apresentou uma melhor resolução, o aspecto da peça de argila ao sair do molde é bom e não necessita de muitos acabamentos, este fator, implica diretamente na produção, diminuindo o tempo. Por outro lado, estes equipamentos possuem um maior custo devido às suas especificidades e a área útil de impressão comumente é pequena. Em linhas gerais, os dois sistemas se mostraram de grande utilidade na reprodução de peças em cerâmica, dentro de uma produção a escolha do sistema de impressão deve ser feita

de acordo com a finalidade do trabalho a ser realizado, ambos os sistemas atendem aos propósitos aqui mencionados.

Por fim, gostaria de destacar que o despertar da minha criação artística está profundamente entrelaçado com a inovação tecnológica. Foi a partir do contato com estas ferramentas, que passei a enxergar caminhos antes inimagináveis para a minha expressão poética. A tecnologia não substitui a sensibilidade, mas expande e amplia o campo de experimentação, desafia os limites da matéria e do pensamento, e me convida constantemente a criar de forma provocadora.

Tenho um perfil de hiperfoco quando o assunto é investigar e desenvolver processos. Isso se traduz em horas seguidas de estudo técnico, testes e experimentações, sempre movido por uma vontade genuína de contribuir com o campo das artes, tanto no aspecto prático quanto teórico. Acredito que o entendimento aprofundado dos meios, sobretudo os digitais, pode abrir novas frentes de pesquisa e criação, e sinto que meu papel está justamente em explorar e compartilhar essas possibilidades. A pesquisa se torna, portanto, parte essencial do próprio fazer artístico, é nela que germina a ideia, ganha corpo o conceito e se sustenta a obra.

GLOSSÁRIO

Cerâmica

a)

Absorção - propriedade de determinados materiais, como argila e gesso, que lhes permite reter ou absorver água.

Atmosfera - refere-se ao ambiente criado dentro do forno durante a cozedura.

b)

Barbotina - suspensão líquida de argila usada para modelagem e acabamento de peças cerâmicas.

Biscoito - objetos que foram cozidos uma só vez e estão desprovidos de esmalte.

Bolhas de ar - massas de ar que ficam presas no interior da argila e do gesso.

c)

Chacota - cozedura de peças antes da esmaltação. Também refere-se a peças que só devem ser cozidas uma vez.

CMC (Carbóxi-Metil-Celulose) - aglutinante utilizado na esmaltação.

Cones pirométricos - são feitos de materiais cerâmicos e indicam a temperatura predominante em uma determinada região do forno.

Cozedura oxidante - combustão rica em oxigênio.

Cozedura redutora - refere-se a um tipo de processo de queima onde o oxigênio pode ser intencionalmente limitado no forno.

d)

Desfloculante - matérias-primas como o carbonato de sódio e o silicato de sódio que se utilizam para manter as argilas em suspensão

Desmoldante - produto que impede a aderência de materiais.

e)

Encaixes - marcas de registro realizadas nas partes do molde.

f)

Forno - equipamento que pode ser aquecido até cerca de 1400° C, podendo ser alimentado por combustível ou eletricidade.

Fundição - processo que envolve o vazamento de barbotina em um molde para criar uma peça com a forma desejada.

g)

Gesso - Sulfato de cálcio hidratado, que, desidratado pela ação do fogo e moído, endurece rapidamente quando em contato com a água.

i)

Impermeabilidade - refere-se à propriedade da argila em se tornar não-porosa.

m)

Mistura - duas ou mais substâncias que, embora juntas, não formam um novo composto pelo que os componentes podem voltar a separar-se, mediante procedimentos físicos.

Modelar - agregar ou conformar material plástico até que se tenha uma forma determinada.

Molde - qualquer material que sustente a argila (plástico, vidro, argila biscoita, isopor, metal, cimento, entre outros), pode ser usado como molde.

Molde colado - sistema de produção de peças, que consiste no derramamento de pasta cerâmica líquida para o interior de molde de gesso.

p)

Pigmento - matéria corante.

Pincéis - utensílios que se utilizam nos processos de esmaltagem de peças cerâmicas.

Pinholes - forma de borbulhas em superfície vitrificada.

Pirômetro - instrumento utilizado na medição de temperaturas elevadas no forno durante a cozedura.

Placa - placa cerâmica de espessura e formas variáveis, planas e uniformes.

Polvilhar- dissipar pó sobre uma superfície.

Ponto de couro - estágio no processo de secagem em que a argila, apesar de ainda úmida, está quase rígida. Pode-se falar também em ponto de couro duro ou macio. Nesse estágio, ainda é possível fazer alguns acabamentos.

Ponto de osso - estágio em que a peça de argila, após a modelagem, está completamente seca, mas ainda não foi queimada.

q)

Queimar - processo de aquecer peças de argila em um forno próprio.

Queima de biscoito - processo de transformação da argila em cerâmica (primeira queima).

r)

Rebarba - irregularidade que obstrui nos bordos ou à superfície de uma peça, produzida para junção do molde ou excessos resultantes de cortes ou incisões.

s)

Sinterização - indica a diminuição da porosidade do material e aumento da resistência.

Supercozimento - ocorre quando a peça é queimada a uma temperatura superior à ideal.

t)

Terracota - o termo é usado para indicar cerâmica vermelha de baixa temperatura, não-esmaltada. Esse tipo de argila é encontrada em grandes depósitos no mundo todo e é normalmente utilizada para confecção de tijolos, telhas, vasos de plantas e objetos utilitários.

Tiras - frações de pasta que se podem preparar a partir de argila ou de outra pasta cerâmica.

v)

Vazar - frações de verter a pasta líquida num molde colado.

Vidrado - qualquer superfície vítrea que reveste um objeto cerâmico.

Vinagre - contém 3% a 6% de ácido cético. Usado para retardar o processo de cura do gesso.

Viscosidade - refere-se à capacidade de fluir da barbotina, que com sua baixa viscosidade permite a obtenção de corpos cerâmicos com geometrias complexas.

Vitrificar - adquirir natureza vítrea.

Fabricação digital

a)

Ambiente digital - refere-se ao ambiente virtual criado e sustentado pelas tecnologias digitais.

Arquivo - documento ou informação armazenado em formato eletrônico.

c)

CAD/CAM - é um sistema que integra o processo de projeto com a utilização de softwares e equipamentos de fabricação.

Camadas - divisão do modelo 3D em camadas, através de um software chamado fatiador (slicer).

Computer Aided Design (CAD) - Projeto Assistido por Computador, é a utilização de softwares para auxiliar no processo de criação, modificação, análise e otimização de projetos.

Computer Aided Manufacturing (CAM) - Manufatura Assistida por Computador é o uso de software para controlar máquinas e equipamentos de fabricação.

Cura - refere-se ao processo de solidificação de materiais especialmente ao processo aditivo baseado em material líquido (SLA) que utiliza resina líquida fotocurável e constrói suas camadas através da projeção de luz UV (ultravioleta).

f)

Fabricação digital - é um processo que utiliza modelos digitais para controlar máquinas e produzir objetos físicos.

Fatiar - refere-se ao fatiamento do modelo em ambiente virtual por software fatiador.

Filamento - material termoplástico, comercializado em forma de filamento. Utilizado no processo aditivo baseado em sólido (FDM).

Fused Deposition modeling (FDM) - processo de manufatura aditiva onde os objetos são construídos em camadas através da extrusão de filamento termoplástico.

i)

Impressão 3D - processo de manufatura personalizável em massa. Tecnologia que permite a criação de geometrias complexas.

m)

Modelagem - processo de criação de representações tridimensionais utilizando

softwares.

o)

Objetos tridimensionais - é um objeto digital que possui três dimensões: altura, largura e profundidade.

p)

Preenchimento - estrutura interna de um objeto impresso, que fornece suporte e influencia a resistência.

r)

Rapid Prototyping (PR) - Prototipagem Rápida envolve a criação de representações físicas e digitais de um modelo, utiliza técnicas e ferramentas que permitem a idealização e construção destes modelos. Engloba a produção automatizada em processos: subtrativo, formativo e aditivo.

Rapid Prototyping Additive (PRA) - Prototipagem Rápida Aditiva é um processo que adiciona material em camadas para construir o objeto desejado, ela permite a criação de modelos físicos a partir de modelos digitais.

Resina - é um material que endurece quando exposto à luz, utilizado no processo aditivo baseado em material líquido (SLA).

s)

Software - conjunto de programas que dizem a um computador ou dispositivo como executar tarefas específicas.

Standard Triangle Language (STL) - formato de arquivo comum usado em impressão 3D e CAD para representar a geometria de modelos tridimensionais.

Stereolithography (SLA) - processo de manufatura aditiva onde os objetos são construídos em camadas. Utiliza resina líquida fotocurável e constrói suas camadas através da projeção de luz UV (ultravioleta).

Suportes - estruturas adicionais criadas para dar sustentação a partes de um modelo sem sustentação (camadas flutuantes).

t)

Testes virtuais - versões preliminares de um produto ou serviço, serve para testar e validar ideias antes de investir em uma produção completa.

v)

Ultravioleta (UV) - Trata-se de uma forma de radiação eletromagnética invisível ao olho humano. Pode ser gerada por fontes artificiais.

REFERÊNCIAS

BUHAGIAR, Marco Fernandes. Tecendo camadas: um estudo sobre o uso doméstico da impressão 3D. **Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design**. UFPE. Recife, 2022.

CARVALHO, Jonas de; VOLPATO, Neri Prototipagem rápida como processo de fabricação. In: **Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações**, São Paulo, Edgard Blücher, Ebook, 2006. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=1oO6DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=prototipagem+r%C3%A1pida+sla&ots=3VfHCGKgyM&sig=rnm4QmLRSW2O7nZlQ46G2jyOuJ4#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 30/05/2022.

CATTANI, Iceia B. Arte contemporânea: o lugar da pesquisa. In: Brites, Blanca e Tessler, Eliel oggl. **O meio como ponto zero**: metodologia de pesquisa em artes plásticas. Ed. VFRGS, 2002.

CERQUEIRA, D. L. Pesquisa artística: um breve panorama. **Rev. Interd. em Cult. e soc. (RICS)**. São Luís, v.7, n. 1, p.28-48, jan./jun. 2021.

CHAVARRIA, J. A Cerâmica. Lisboa, Editorial Estampa, Lda, 1º edição: Setembro de 1997.

CHAVARRIA, J. Aula de cerâmica: Esmaltes. Lisboa, Editorial Estampa, Lda. 1º Edição: abril de 1999.

CHAVARRIA, J. Aula de cerâmica: Moldes. Lisboa, Editorial Estampa, Lda. 1º Edição: março de 2000.

CÓSER, T. J. Possibilidades da produção artística via prototipagem rápida= processos CAD/CAM na elaboração e confecção de obras de arte e o vislumbre de um percurso poético individualizado neste ensaio. 2010. Campinas, SP. **Tese de Doutorado**. [s.n.].

COSTA, Robson Xavier da; SILVA, Maria. Betânia e. Investigação em/sobre artes visuais: artista/pesquisador/professor. **Anais do 24º Encontro Nacional da ANPAP, Santa Maria**, 2015.

FRIGOLA, Maria Dolors R. I. Cerâmica Artística. Lisboa, Editorial Estampa, Lda, 2006.

CISNEIROS MUNIZ, Suely. Cronologia histórica e patologias dos azulejos em Pernambuco, entre os séculos XVII e XVIII. 2009. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Pernambuco.

NAVARRO, Pilar M. A Decoração de cerâmica, Lisboa, Editorial Estampa, Lda, 1º edição: Setembro de 1997.

ORTEGA, F. S.. Processamento de Materiais Cerâmicos – Conformação Fluida de Materiais Cerâmicos. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1942359/mod_resource/content/1/apost%20%20-%20conforma%C3%A7%C3%A3o%20fluida.pdf. Acesso em: 30/05/2022.

PENIDO, E; COSTA Silva de S. Oficinas: Cerâmica. Rio de Janeiro, SENAC, 1999.

PUPO, Regiane Trevisan. A inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto: um novo desafio para o ensino da arquitetura. Campinas, SP: **Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil UNICAMP** [s.n.], 2009.

REZENDE, R. Os desdobramentos da gravura contemporânea.In: **Gravura: arte brasileira do século xx**. São Paulo, Cosac Naify/ Itaú Cultural, 2000.

SILVA, et al. 2004 In: CÔSER, T. J. **Possibilidades da produção artística via prototipagem rápida:processos CAD/CAM na elaboração e confecção de obras de arte e o vislumbre de um percurso poético individualizado neste ensaio**, 2010. Campinas, SP. **Tese de Doutorado**. [s.n.]. p.19.

SILVA. R. Domingos da. **Memorial técnico descritivo** - Comparativo entre dois sistemas de prototipagem rápida aditiva na fabricação de moldes de gesso para fundição em barbotina - IFPE, 2023.

VOLPATO, Neri. Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D. São Paulo: Blucher, 2017.

ANEXO I - CUSTOS DE EXECUÇÃO

TABELA 9 - Custos de execução

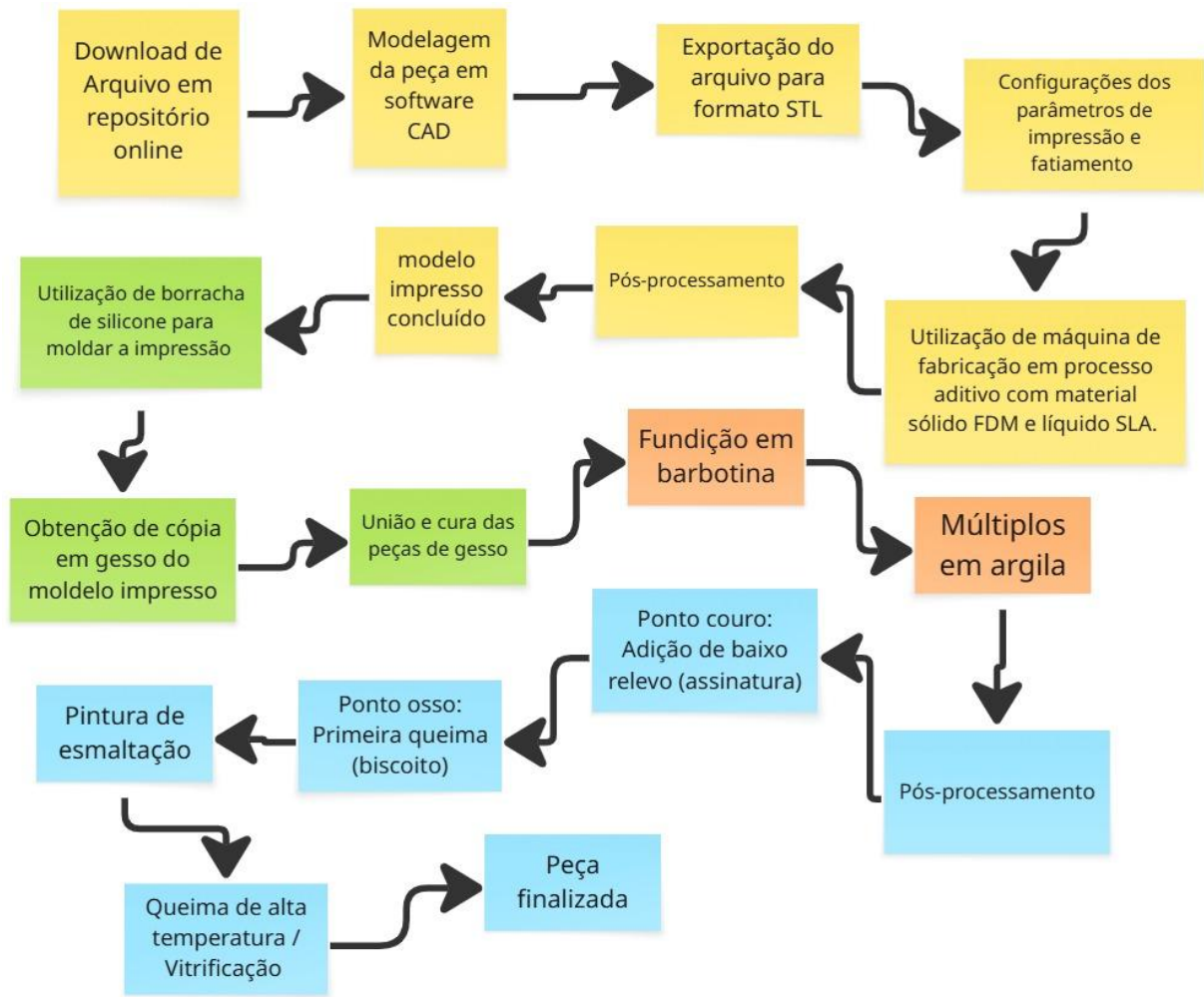
Descrição do produto ou serviço	Quantidade	Custo
Borracha de silicone com catalisador [1,03kg]	02	R\$ 107,80
Vaselina industrial sólida [0,090Kg]	01	R\$ 8,90
Massa de modelar Plastilina Cinza Soft [0,500Kg]	01	R\$ 35,90
Esteca de Escultura WS01	01	R\$ 25,90
Mini balança digital Alta precisão [0,1g até 500g]	01	R\$ 53,90
Misturador, palito de picolé [Pacote com 500 un.] Utilizados três palitos.	01	R\$ 25,50
Elástico 7mm [5m]	01	R\$ 12,79
Modelagem digital de arquivo para impressão (serviço)	01	R\$ 150,00
Impressão PLA - FDM	01	R\$ 60,00
Impressão em resina - SLA	01	R\$ 160,00
Papel paraná 100x80 cm 640grs/n80	01	R\$ 10,50
Cola PVA 1kg	01	R\$ 18,48
Régua 40cm metal	01	R\$ 36,90
Fita crepe 18mm 45m	01	R\$ 4,79
Estilete 18mm	01	R\$ 15,99
Faca de mesa	01	R\$ 4,90
Misturador de barbotina, colher de pau	01	R\$ 7,86
Pote de plástico	01	R\$ 1,50
Esponja e agulha (pós-processamento em argila)	01	R\$ 3,98
Carimbo em acrílico com assinatura	01	R\$ 80,00
Pincel artístico n°12	01	R\$ 14,90
Base de corte 90x60	01	R\$ 115,65
Gesso 10Kg	01	R\$ 15,00
Rolo de madeira para massa	01	R\$ 17,50

Barbotina 5L	01	R\$ 65,00
Argila 1Kg	01	R\$ 8,00
Queima (Biscoito), serviço	01	R\$ 230,00
Queima (Esmalte), serviço	03	R\$ 150,00
CMC 100g	01	R\$ 11,90
Esmalte cerâmico 400g	01	R\$ 76,00
		R\$ 1.529,54

Fonte: Autor, 2025.

ANEXO II - FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DE PRODUÇÃO

FIGURA 28 - Fluxograma das etapas de produção



Fonte: Autor, 2025.