

MARIANA CASTELLO BRANCO IWAKAMI

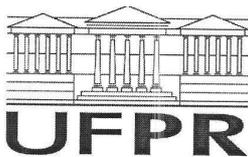
DESIGN CERÂMICO E PROTOTIPAGEM RÁPIDA: NOVAS POSSIBILIDADES PARA O
ARRANJO PRODUTIVO LOCAL DE LOUÇAS DE CAMPO LARGO-PR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Paraná como requisito para obtenção do título de mestre em Design, na área de concentração Design de Sistemas de Produção e Utilização.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre V. Pelegrini

Co-orientadora: Profa. Dra. Virginia B. Kistmann

Curitiba
2012



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Humanas Letras e Artes
Departamento de Design
Programa de Pós Graduação em Design | PPGDesign

TERMO DE APROVAÇÃO

Mariana Castello Branco Iwakami

“DESIGN CERÂMICO E PROTOTIPAGEM RÁPIDA: NOVAS POSSIBILIDADES PARA O ARRANJO PRODUTIVO LOCAL DE LOUÇAS DE CAMPO LARGO - PR”

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção de grau de Mestre em Design, no Programa de Pós-Graduação em Design, Setor de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Federal do Paraná.


Prof^a. Dr^a. Cristiane Aun Bertoldi
USP

Examinador externo


Prof^a. Dr^a. Virginia Kistmann
Universidade Federal do Paraná
Examinador interno


Prof. Dr. Adriano Heemann
Universidade Federal do Paraná
Examinador interno


Prof. Dr. Alexandre Pelegrini
Universidade Federal do Paraná
Presidente e examinador interno

AGRADECIMENTOS

Aos professores Dr. Alexandre Vieira Pelegrini e Dr^a. Virginia Borges Kistmann, pela confiança e orientações que contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Aos professores membros da Banca, pelas críticas e sugestões.

Aos demais professores e funcionários do Programa de Mestrado em Design da UFPR.

Ao Prof. Dr. Dalberto da Costa Dias e aos funcionários do Laboratório da Mecânica da UFPR, pelo auxílio no planejamento e usinagem da matriz utilizada no experimento.

Ao Orlando Marre, por, não só conceder seu ateliê e materiais para a realização do experimento, mas também dividir suas experiências profissionais e de vida.

Ao Henrique Serbena, pelos conhecimentos compartilhados.

Ao Luis Evers, por haver cedido importantes informações

À Prof^a. Dr^a. Isabela Sielski, por conceder seu tempo e conhecimento que auxiliaram na confecção do molde de gesso.

À Celine Müller, por haver doado parte do material para a confecção da matriz utilizada no experimento.

À Geisy Anny Venâncio, pela amizade e por haver me acolhido neste último ano.

Aos meus familiares, pelo apoio e incentivo.

Ao Mateus Dorsa, pelo grande suporte, em todos os sentidos.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta Dissertação de Mestrado, em especial à Paula Castello Branco, Carolina Dorneles, Caio Márcio Silva e Julia Elpo.

À CAPES, pelo apoio financeiro que permitiu a realização desta pesquisa.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo investigar e demonstrar a aplicação prática e experimental da prototipagem rápida nos processos de design, desenvolvimento e manufatura de louças cerâmicas, visando contribuir para a inserção dessa tecnologia nas empresas do APL de Louças de Campo Largo. A indústria brasileira de louça de mesa foi prejudicada pela abertura de mercado. A oferta aumentou, obrigando as empresas a se organizarem para enfrentar a concorrência de produtos europeus de alta qualidade e asiáticos com baixo custo. Além disso, esse segmento ainda compete com utensílios em plástico e vidro. Outra dificuldade enfrentada é a escassez de mão de obra especializada, além da falta de iniciativa por partes das empresas na busca de soluções estéticas para atender a mercados mais exigentes. Isso posto, torna-se essencial para esse setor a busca de novas estratégias de diferenciação, visando aumentar a sua competitividade. Assim, acredita-se que investir em design, bem como em uma nova tecnologia produtiva, como a prototipagem rápida, a qual possibilite a execução dos projetos de novos produtos, seja uma solução para essa situação. Em contrapartida, parte-se da premissa de que essa tecnologia encontra restrições no seu uso nesse APL. Desta forma, optou-se pela realização de uma pesquisa experimental, com o objetivo de verificar a viabilidade da implementação imediata do novo processo proposto. Assim, a pesquisa será de caráter teórico-analítico, pois parte de uma pesquisa inicial bibliográfica, seguida de um experimento em laboratório. Para tanto, desenvolveu-se inicialmente uma síntese teórica sobre os assuntos Prototipagem Rápida e o APL de Campo Largo – PR. A documentação direta foi baseada na coleta de dados realizada por meio de entrevistas, a fim de identificar os principais problemas que impedem a utilização dessa nova tecnologia para o setor. Em seguida, demonstrou-se em laboratório a viabilidade de inserção da técnica proposta ao processo produtivo de louça de mesa e adornos.

Palavras-chave: Design Cerâmico. Prototipagem Rápida. Arranjo Produtivo Local de Louças de Campo Largo-PR.

ABSTRACT

This study aimed to investigate and demonstrate the practical and experimental application of rapid prototyping processes in design, development and manufacture of ceramic tableware, to contribute to the integration of that technology into the tableware companies of the Local Productive Arrangement of Campo Largo, Paraná, Brazil. The tableware brazilian industry was hindered by market opening. The supply has increased, forcing companies to organize themselves to face competition from European and Asian high quality at low cost. In addition, this segment still competes with plastic and glass utensils. Another difficulty faced is the shortage of skilled labor, and lack of initiative of local in terms of searching for aesthetic solutions to achieve most demanding markets. That said, it is essential for this sector to seek new differentiation strategies designed to increase their competitiveness. Thus, it is believed that invest in Design as well as in new production technology, such as rapid prototyping, which enables the implementation of the new product designs, whether a solution to this situation. In contrast, we start from the premise that this technology has its use restricted in the LPAs companies. Thus, it was decided to carry out experimental research in order to verify the feasibility of immediate implementation of the proposed new procedure. The research is based on theoretical and analytical studies, that started with a literature review, followed by a laboratory experiment. For this purpose, it was initially developed a theoretical synthesis based on Rapid Prototyping and LPA of Campo Largo. The documentation was based on direct data collected by interviews, in order to identify the main problems that prevent the use of this new technology in the industry. In the end, the feasibility of insertion of the proposed technique was demonstrated in laboratory.

Keywords: Ceramic Design. Rapid Prototyping. Tableware Local Productive Arrangement of Campo Largo - Paraná/Brazil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Representação das etapas do processo de manufatura por camada.....	22
Figura 2 -	Representação gráfica de um maquinário CNC de três (X, Y, Z) e cinco eixos (X, Y, Z, A e B).....	25
Figura 3 -	Principais componentes de um centro de usinagem de 3 eixos.....	26
Figura 4 -	Produtos internacionais em porcelana produzidos por técnicas de prototipagem rápida aditiva e subtrativa (Industreal, Itália).....	29
Figura 5 -	Produtos cerâmicos nacionais produzidos utilizando RP (Holaria – cerâmica contemporânea, Curitiba - PR).....	29
Figura 6 -	Impressora 3D que fabrica peças cerâmicas.....	33
Figura 7 -	Do esboço ao modelamento 3D do produto e sua respectiva matriz no CAD.....	34
Figura 8 -	Planejamento da usinagem feita no CAM.....	34
Figura 9 -	Matriz de compensado sendo usinada e a confecção do seu molde em gesso.....	34
Figura 10 -	Resultado final da bandeja para sushi (design de Mark McClean, EUA).....	35
Figura 11 -	Matrizes fabricadas por um processo de prototipagem rápida e sua peça final.....	35
Figura 12 -	Modelo feito em PU utilizando prototipagem.....	36
Figura 13 -	Matriz usinada em poliuretano de alta densidade e peça gerada em cerâmica branca.....	36
Figura 14 -	Modelo de Berlyne sobre o ponto ótimo de complexidade que maximiza a atratividade do objeto.....	37
Figura 15 -	Espremedor de limão com desenho bissociativo.....	38
Figura 16 -	Região Metropolitana de Curitiba.....	39
Figura 17 -	Localização de Campo Largo no Paraná.....	39
Figura 18 -	Peças da linha hoteleira em porcelana produzidas por empresa de grande porte integrante do APL de Campo Largo – PR.....	40
Figura 19 -	Prensagem a seco.....	45
Figura 20 -	Seqüência do processo de prensagem da massa plástica.....	46
Figura 21 -	Seqüência de etapas do processo denominado Colagem.....	47
Figura 22 -	Estrutura geral da pesquisa.....	51
Figura 23 -	Etapas do experimento.....	63

Figura 24 -	Processo criativo das duas principais alternativas geradas.....	66
Figura 25 -	Equilíbrio entre o simples e o complexo.....	66
Figura 26 -	Modelamento virtual da alternativa 1.....	67
Figura 27 -	Modelamento virtual da alternativa 2.....	67
Figura 28 -	Modelamento virtual da matriz.....	68
Figura 29 -	Medida dos ângulos internos da peça.....	68
Figura 30 -	<i>Renderings</i> do produto.....	69
Figura 31 -	Simulações iniciais de estratégias de fresamento da peça.....	70
Figura 32 -	Arquivos da matriz dividida.....	71
Figura 33 -	Bloco construído em MDF.....	71
Figura 34 -	Material retirado do bloco com o torno mecânico.....	72
Figura 35 -	Posicionamento da peça no torno mecânico.....	72
Figura 36 -	Detalhes do torno mecânico.....	73
Figura 37 -	Bloco em processo de desbastamento e o resultado final.....	73
Figura 38 -	Exemplo de fresa para desbaste (20mm de diâmetro e topo reto).....	74
Figura 39 -	Exemplo de fresa para perfilamento/acabamento (8mm de diâmetro e topo esférico)	74
Figura 40 -	Indicações de uso de fresa de topo reto e esférico.....	74
Figura 41 -	Centro de usinagem utilizado.....	75
Figura 42 -	As três seqüências do processo de usinagem da parte 1.....	75
Figura 43 -	Uso do aspirador entre as seqüências.....	76
Figura 44 -	Parte 1 finalizada.....	76
Figura 45 -	Parte 2 em processo de desbastamento e o resultado final.....	77
Figura 46 -	Parte 2 em processo acabamento.....	77
Figura 47 -	Detalhe do acabamento do material.....	78
Figura 48 -	Amostras dos materiais de impermeabilização do MDF testados.....	79
Figura 49 -	Três estágios do acabamento aplicado à matriz.....	79
Figura 50 -	Preparação da matriz para produção do molde.....	80
Figura 51 -	Preparação do molde de gesso.....	81
Figura 52 -	Seqüência de passos da colagem de barbotina.....	82
Figura 53 -	Diferença de cor da peça após acabamento e secagem.....	82
Figura 54 -	Diferença entre as peças vidradas antes e depois da queima.....	83
Figura 55 -	Comparação da textura da superfície de duas peças.....	85
Figura 56 -	Extensão do modelo para corte após colagem da barbotina.....	87

Figura 57 - Comparação de etapas dos processos tradicional e sugerido..... 88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Principais softwares CAD, CAM e CAD/CAM e seus fabricantes.....	19
Quadro 2 -	Classificação dos processos de RP baseada no estado inicial da matéria-prima utilizada.....	23
Quadro 3 -	Dados das principais empresas fabricantes de CNCs.....	27
Quadro 4 -	Cinco formas de se fabricar um produto cerâmico utilizando a prototipagem rápida e a Colagem de barbotina.....	31
Quadro 5 -	Pontos positivos e negativos percebidos na literatura sobre a inserção da prototipagem rápida na indústria de louça de mesa e adornos.....	49
Quadro 6 -	Etapas da pesquisa e seus respectivos objetivos e técnicas utilizadas.....	53
Quadro 7 -	Pontos positivos e negativos sobre a inserção da prototipagem rápida na indústria de louça de mesa e adornos, segundo os entrevistados.....	62
Quadro 8 -	Requisitos estabelecidos e as ações adotadas para alcançá-los na pesquisa.....	64
Quadro 9 -	Comparação do vidrado das três peças.....	83
Quadro 10 -	Comparação de características dos possíveis materiais para a fabricação de modelos, matrizes e moldes.....	86

LISTA DE SIGLAS

3D	Tridimensional
ABCERAM	Associação Brasileira de Cerâmica
APL	Arranjo Produtivo Local
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Projeto auxiliado por computador)
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i> (Manufatura auxiliado por computador)
CNC	<i>Computer Numeric Control</i> (Comando Numérico Computadorizado)
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
IGES	<i>Initial Graphics Exchange Specification</i>
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
MDF	<i>Medium-density fiberboard</i> (Placa de fibra de madeira de média densidade)
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
PR	Paraná
RMC	Região Metropolitana de Curitiba
RP	<i>Rapid Prototyping</i> (Prototipagem Rápida)
SEPL	Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral
STEP	<i>Standard for The Exchange of Product model data</i>
STL	<i>Stereolithography</i> (Stereolitografia)
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa

SUMÁRIO

I INTRODUÇÃO	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	13
1.2 PERGUNTA DE PESQUISA.....	15
1.3 OBJETIVO GERAL.....	16
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.5 ESTRUTURA DO DOCUMENTO.....	16
2 REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 PROTOTIPAGEM RÁPIDA.....	18
2.1.1 Sistemas CAD/CAM	18
2.1.2 Considerações sobre o termo Prototipagem Rápida	20
2.1.3 Prototipagem rápida por processos aditivos	21
2.1.4 Prototipagem rápida por processos subtrativos	24
2.1.5 Vantagens da prototipagem rápida e influência no processo de inovação	27
2.1.6 A prototipagem no design e produção de peças cerâmicas	28
2.1.7 Síntese dos métodos de produção de louça de mesa considerando a inserção da prototipagem rápida	30
2.1.7.1 <i>A prototipagem rápida inserida no processo de confecção de matrizes</i>	33
2.1.8 Complexidade visual versus atratividade dos produtos	36
2.2 O APL DE LOUÇAS DE CAMPO LARGO- PR.....	38
2.2.1 Caracterização	39
2.2.2 Matérias-primas utilizadas no setor	42
2.2.3 Processos produtivos utilizados no setor	43
2.3 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA LITERATURA.....	48
3 MÉTODO DA PESQUISA	50
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	50
3.2 SELEÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA.....	51
3.3 ETAPAS DA PESQUISA.....	52
3.3.1 Revisão da Literatura	53
3.3.2 Estudo de Campo	54
3.3.3 Pré-Análise	54
3.3.4 Planejamento do Experimento	54
3.3.5 Execução do Experimento	54
3.3.6 Análise e Discussão dos Resultados	55
3.3.7 Conclusões e Sugestões	55
3.4 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DA AMOSTRA.....	55
3.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	56
4 ESTUDO DE CAMPO	57
4.1 ESTRUTURAÇÃO E PROCEDIMENTO DE ENTREVISTA.....	57
4.2 ENTREVISTA AO DESIGNER DE UMA EMPRESA PRODUTORA DE LOUÇA DE MESA E ADORNO DE CAMPO LARGO –PR.....	57
4.3 ENTREVISTA A UM DESIGNER ESPECIALISTA EM CERÂMICA.....	59

4.4 ENTREVISTA A UM MODELISTA DE PEÇAS CERÂMICAS.....	60
4.5 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO ESTUDO DE CAMPO.....	61
5 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....	63
5.1 ESQUEMA DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	63
5.2 REQUISITOS DO EXPERIMENTO.....	63
5.3 PROJETO CONCEITUAL.....	65
5.4 PROJETO CAD 3D.....	67
5.5 INTEGRAÇÃO CAD/CAM.....	69
5.6 PROTOTIPAGEM DA MATRIZ UTILIZANDO USINAGEM CNC.....	71
5.6.1 Preparação do bloco.....	71
5.6.2 Desbaste prévio de material utilizando o torno mecânico.....	72
5.6.3 Usinagem da parte 1 (topo).....	73
5.6.4 Usinagem da parte 2 (base).....	76
5.6.5 Impermeabilização e acabamento da matriz.....	78
5.7 FABRICAÇÃO DO MOLDE DE GESSO.....	80
5.8 PRODUÇÃO DAS PEÇAS.....	81
5.8.1 Colagem de barbotina.....	81
5.8.2 Vidrado e queima.....	82
5.9 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO EXPERIMENTO.....	85
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
6.1 INTRODUÇÃO.....	89
6.2 A PROTOTIPAGEM RÁPIDA NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS CERÂMICOS.....	89
6.3 A PROTOTIPAGEM RÁPIDA NA MANUFATURA DE PRODUTOS CERÂMICOS.....	90
6.4 A PROTOTIPAGEM RÁPIDA E O DESIGN COMO FATORES DE INOVAÇÃO PARA O SETOR.....	91
7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	92
REFERÊNCIAS.....	94
GLOSSÁRIO.....	98
APÊNDICES.....	100

I INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o contexto da presente pesquisa, bem como a pergunta investigada, objetivos, justificativas e estrutura do documento.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O processo de globalização econômica impõe mudanças no comportamento das empresas, exigindo uma postura inovadora frente aos novos desafios, principalmente o da competitividade.

Segundo Löbach (2001), no início da industrialização o mercado era receptivo e a produção tinha demanda garantida. Hoje, a situação é outra e em várias áreas encontram-se mercados saturados. Como consequência, as empresas se vêem compelidas a atrair ao máximo o interesse de possíveis compradores, com o propósito de manter sua posição no mercado e, se possível, ampliá-la. É o caso de uma das indústrias mais tradicionais do país e com boa aceitação no mercado internacional: a de louça de mesa e objetos decorativos. No entanto, segundo a ABCERAM (2009):

“talvez tenha sido o segmento cerâmico mais afetado pela abertura de mercado e pela política cambial brasileira até 1999, muito prejudiciais ao setor na medida em que além de inviabilizar as exportações, tornou os preços dos produtos importados, principalmente os asiáticos, muito baixos. Isto redundou no fechamento de inúmeras indústrias e diminuição da produção de outras. Além disso, esses produtos sofrem a concorrência de produtos similares e de menor preço, como é o caso do vidro. Após essa mudança da política econômica o segmento se tornou mais competitivo.”

No caso do Arranjo Produtivo Local (APL¹) de Louças de Campo Largo, Paraná, a situação não é diferente. Essa região, também conhecida como Capital Nacional das Louças (O ESTADO DO PARANÁ, 2011), vem enfrentando essa situação há anos, de acordo com Fernandes (1998) e Fernandes et al (2009). Os estudos dessa autora indicam uma baixa competitividade do setor perante produtos cerâmicos de origem asiática e europeia, bem como utensílios em plástico e vidro. Percebe-se que a estratégia adotada na maioria das vezes é a cópia e a confecção de produtos de baixa qualidade com o intuito de competir com base no custo (FERNANDES et al, 2009).

¹ “Concentração geográfica de empresas e instituições que se relacionam em um setor particular. Incluem em geral, fornecedores especializados, universidades, associações de classe, instituições não governamentais e outras organizações que provêm educação, informação, conhecimento e/ou apoio técnico e entretenimento.” (BUENO, 2006 apud BNDES, 2004, p.17).

Outra questão a ser considerada é o método tradicional de peças cerâmicas empregado pelas empresas, o qual se baseia no modelamento manual das peças e moldes por profissionais especializados (denominados modelistas) (CARVALHO, ECKER e PELLANDA Jr., 2001). Esse acontecimento pode ser um dos fatores que explicam a falta de inovação formal dos produtos e a conseqüente baixa competitividade, pois mesmo que se invista em design, deve-se investir também em tecnologias que viabilizem a execução desses novos projetos.

Sendo assim, torna-se essencial para esse setor a busca de soluções inovadoras com o intuito de se destacar em meio a tanta concorrência, afinal “o posicionamento competitivo de uma empresa no mercado é o reflexo de medidas que ela adota para ir ao encontro de características conjunturais e estruturais dos mercados onde atua” (SANTOS e BATALHA, 2010, p. 602).

Sobre isso, Volpato et al. (2007) explicam que inovar ocasiona uma intensificação da concorrência e com ela a crescente complexidade de produtos desenvolvidos. Isso tem exigido das empresas alterações no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP)², visando reduzir o tempo total de desenvolvimento, bem como aumentar a qualidade e a competitividade. Estas mudanças abarcam tanto aspectos de gestão do processo de desenvolvimento, como também o uso de novas técnicas e ferramentas computacionais para projeto, análise, simulação e otimização dos componentes fabricados.

Nesse contexto, a prototipagem rápida (RP, de *Rapid Prototyping*) aparece como um dos fatores passíveis de auxiliar no aumento de competitividade de uma empresa. Segundo Gorni (2001) a RP consiste em um conjunto de tecnologias usadas para se fabricar objetos diretamente a partir de fontes de dados gerados por sistemas de projeto auxiliado por computador (CAD, de *Computer Aided Design*). Atualmente existem dois tipos de maquinários: 1) aqueles que fabricam uma peça por deposição de material, camada a camada (processo aditivo); 2) aqueles que fabricam uma peça por desbaste de material de um bloco (processo subtrativo). (SELHORST JR., 2008; PHAM e GAULT, 1998).

Considerando-se a consolidação cada vez maior do conceito de inovação como fator de diferenciação no planejamento estratégico dentro das empresas, Silva, Madeira e Kistmann (2008) avaliam que a prototipagem de geometrias complexas apresenta-se como um diferencial para as empresas, sendo essa uma forma de ganharem novos mercados, bem como aumentarem sua cartela de produtos. Sobre peças de geometria complexa, pode se dizer que são aquelas que apresentam um ou mais elementos físicos (detalhes, camadas, ângulos variados,

² Processo de negócio abrangente adotado por empresas que desejam competir por meio da criação de produtos próprios e da busca de liderança tecnológica. Inicia no entendimento das necessidades de mercado e termina no final do ciclo de vida do produto. (AMARAL et al., 2006)

cavidades, texturas), os quais dificultam sua produção de forma manual e demandam um projeto de molde mais elaborado.

Embora muitos autores cite a presença dessa tecnologia em setores industriais como na indústria aeroespacial, na automobilística e na bioengenharia (medicina e odontologia), principalmente (PALM, 2011; GORNI, 2001; SAURA, 2003; VOLPATO et al, 2007; THOMPSON, 2007), Volpato et al (ibid) acreditam que a tendência é que novos campos de aplicação apareçam.

Por enquanto, a existência de tecnologias de RP no segmento de louças de mesa não é comum, embora já existam estudos recentes sobre o assunto (SILVA, MADEIRA e KISTMANN, 2008; LINO e NETO, 2011), bem como experimentos científicos acadêmicos nos quais se utilizam a técnica na substituição do modelamento manual da peça (SILVA, 2008).

Lino e Neto (2010) apontam o fator custo, como causa do uso restrito dessa tecnologia em poucas áreas, embora defendam que a lucratividade dos projetos compensa o investimento inicial.

Volpato et al (2007) teorizam que o pouco uso se deve à falta de conhecimento da mesma. Lino e Neto (2011) concordam:

“Outra parte do problema, porventura a mais preponderante, consiste no facto de que, independentemente dos preços, uma boa parte dos potenciais utilizadores dos processos ou têm relutância em usá-los, ou pura e simplesmente desconhecem a sua existência ou as suas potencialidades.” (p. 3)

Conforme o apresentado acredita-se que a situação atual do segmento de louças de mesa é propícia para a adesão dessa tecnologia, um dos fatos que justifica a realização deste estudo.

Como outro motivo, pode-se citar o fator escassez de bibliografia sobre o uso da prototipagem rápida na produção de peças em cerâmica, além da pouca utilização de fato desse método produtivo no setor cerâmico no Brasil.

Além disso, atualmente, existem poucos profissionais modelistas qualificados na região, como já colocado. Em 2001, Carvalho, Ecker e Pellanda Jr. constataram haver apenas dois para atender à demanda das empresas que cada vez mais terceiriza esse serviço. Esse fato beneficiaria o início da automatização do processo.

1.2 PERGUNTA DE PESQUISA

Considerando as vantagens obtidas com a prototipagem rápida, bem como o sucesso gerado com a sua aplicação em diversas áreas, trabalhou-se com a perspectiva de que esta

tecnologia poderia contribuir para o processo de design e inovação nas empresas participantes do Arranjo Produtivo Local (APL) de Louças de Campo Largo - PR.

Com base nessas considerações, definiu-se a seguinte pergunta de pesquisa: Como demonstrar, de forma prática e experimental, as vantagens da aplicação da prototipagem rápida no desenvolvimento de louças de mesa, visando contribuir para a inserção dessa tecnologia nos processos de design, manufatura e inovação das empresas do APL de Louças de Campo Largo?

1.3 OBJETIVO GERAL

Diante da questão apresentada, definiu-se como objetivo geral investigar e demonstrar a aplicação prática e experimental da prototipagem rápida nos processos de design, desenvolvimento e manufatura de louças cerâmicas, visando contribuir para a inserção dessa tecnologia nas empresas do APL de Louças de Campo Largo.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral, estabeleceu-se como necessário o alcance dos seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar as atuais limitações que podem impedir a inserção da prototipagem rápida no processo tradicional de conformação de peças cerâmicas por colagem de barbotina;
- b) Identificar em qual(is) etapa(s) do processo de desenvolvimento e produção de louças de mesa a prototipagem rápida tem a possibilidade de ser inserida;
- c) Demonstrar a viabilidade técnica da prototipagem rápida da técnica nos processos de design, desenvolvimento e manufatura de louças cerâmica;
- d) Propor recomendações para a introdução do processo de prototipagem rápida junto ao APL de Louças de Campo Largo-PR.

1.5 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O resultado deste trabalho está organizado da seguinte maneira:

- Capítulo 1 (Introdução): Apresenta o contexto no qual esta pesquisa está inserida, a premissa e pergunta de pesquisa, bem como os objetivos e as justificativas da pesquisa.

- Capítulo 2 (Revisão da Literatura): Apresenta uma síntese teórica sobre o material encontrado acerca dos temas Prototipagem Rápida e a atividade de design junto ao APL de Louças de Campo Largo – PR na literatura existente.

- Capítulo 3 (Método da Pesquisa): Delineia o método utilizado na realização da pesquisa, enfatizando o método exploratório-experimental.

- Capítulo 4 (Estudo de Campo): Apresenta dados coletados em entrevista a respeito das dificuldades que profissionais da área identificam na incorporação de técnicas de RP em seus processos produtivos.

- Capítulo 5 (Experimentos): Detalha o processo e materiais utilizados no experimento realizado em laboratório.

- Capítulo 6 (Discussão): Mostra os resultados da pesquisa e sua confrontação com a bibliografia pesquisada.

- Capítulo 7 (Conclusão e Sugestões): Apresenta as conclusões do estudo, bem como recomendações para facilitar a inserção da prototipagem rápida no APL.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O presente capítulo apresenta a revisão da bibliografia sobre os dois principais temas da pesquisa – a prototipagem rápida e o APL de louças de Campo Largo-PR –, a fim de estabelecer uma conexão teórica entre os mesmos.

2.1 PROTOTIPAGEM RÁPIDA

Esta seção apresenta o embasamento teórico a respeito do processo de fabricação denominado Prototipagem Rápida e os fatores envolvidos, bem como sua aplicação direta na produção de peças cerâmicas.

Inicialmente são apresentadas definições sobre os sistemas CAD/CAM e sobre a prototipagem rápida em si. Em seguida, explica-se sobre os princípios e etapas desse processo e, na seqüência, são expostos os diferentes tipos de prototipagem e seus principais processos, bem como as vantagens do uso dessa tecnologia e a inovação de sua aplicação no setor cerâmico. Apresenta-se também um panorama das realidades nacional e internacional no que diz respeito a esse processo e, ainda, discute-se a relação entre a complexidade visual de um produto e sua atratividade.

2.1.1 Sistemas CAD/CAM

O processo de produção de uma peça por prototipagem rápida subtrativa inicia com a modelagem virtual 3D do produto, auxiliada por ferramentas computacionais conhecidas por CAD – sigla do termo em inglês *Computer Aided Design*, que em português significa Design Auxiliado por Computador.

De acordo com Amaral et al. (2006), a aplicação de sistemas CAD abrange todas as fases de desenvolvimento de produtos. Em função da representação tridimensional do modelo sólido do produto, estes sistemas permitem a realização não apenas do desenho, mas também de vários tipos de análises.

Sobre as principais funcionalidades do CAD, Amaral et al (ibid) citam:

- Modelamento geométrico: volumes, arestas, texturas, sistema de coordenadas, materiais, cortes de geometria.
- Detalhamento de desenhos: dimensionamento e cotação automáticos, padrões de normas.
- Apoio estético ao desenho industrial: ferramentas de visualização, animação e *rendering*.

- Simulações para teste virtual da aplicação do produto: análise estrutural, deformações a esforços, análise térmica.
- Projeto de ferramentas: desenvolvimento de moldes, cálculo automático das cavidades.
- Integração CAM: reconhecimento automático de entidades.
- Processamento de integração entre sistemas (IGES, STEP)³.

Após a modelagem do sólido, passa-se a etapa de planejar o processo de manufatura. Para tanto, utiliza-se o CAM (Manufatura Auxiliada por Computador). Sobre a definição desse termo, Amaral et al afirmam que “*indica os sistemas que auxiliam no projeto de processos de fabricação, mas especificamente de programação de máquinas de comando numérico*” (2006, p.527).

O quadro 1 mostra alguns dos softwares CAD, CAM e CAD com sistema CAM já integrado mais utilizados.

Quadro 1 – Principais softwares CAD, CAM e CAD/CAM e seus fabricantes

Somente CAD	Somente CAM	CAD com sistema CAM integrado
SolidWorks (Dassault Systèmes SolidWorks Corp.) www.solidworks.com	Edgecam (Planit Holdings) www.edgecam.com	ArtCAM (Delcam) www.artcam.com
Solid Edge (Siemens) www.siemens.com	NX CAM (Siemens) www.siemens.com	PowerMILL (Delcam) www.powermill.com
CATIA (Dassault Systèmes SolidWorks Corp.) www.3ds.com	SolidCAM (SolidCAM) www.solidcam.com	TopSolid (Missler Software) www.topsolid.com
PowerSHAPE (Delcam) www.powershape.com	GibbsCAM (Cimatron Group) www.cimatron.com	CimatronE (Cimatron Group) www.cimatron.com
Inventor (Autodesk Inc.) www.autodesk.com	Machining Strategist (Mettalforma) www.mettalforma.com.br	Mastercam (CNC Software) www.mastercam.com
	Alphacam (Planit Holdings) www.alphacam.com	Pro/ENGINEER (Parametric Technology Corp.) www.ptc.com
	CAMWorks(Geometric) www.camworks.com	SURFCAM (Surfware) www.surfware.com

Fonte: A autora (2012)

³ Desde o início do uso do CAD, vêm sendo desenvolvidos padrões de interface entre eles. O mais conhecido, segundo AMARAL et al (ibid) é o *Initial Graphics Exchange Specification* (IGES), embora exista uma norma internacional, conhecida como Standard for The Exchange of Product model data (STEP), que veio para substituí-lo. Diferentemente dos padrões anteriores, que eram voltados apenas à geometria do produto, o padrão STEP permite a troca, compartilhamento e representação de todas as informações de um produto, desde a sua concepção até o descarte, independentemente de sistemas computacionais ou tecnologias específicas (VOLPATO et al, 2007).

Em linhas gerais, em se tratando de processo subtrativo, a sigla CAD/CAM indica que a obtenção do programa para a máquina CNC acontece a partir do modelo geométrico elaborado no CAD. A programação CNC tem a finalidade de calcular o caminho que a ferramenta deve percorrer na máquina, bem como especificar os tipos de ferramentas que deverão ser usadas, para obter automaticamente a peça fabricada na linguagem específica do comando numérico da máquina (AMARAL et al, ibid).

2.1.2 Considerações sobre o termo Prototipagem Rápida

Como o nome sugere, a prototipagem rápida (RP ⁴) foi originalmente desenvolvida para a construção de protótipos de forma ágil com a finalidade de melhorar a comunicação e realizar testes. Protótipos melhoram a compreensão, pois a maioria das pessoas tem mais facilidade em entender objetos tridimensionais a desenhos em duas dimensões. Economia de custos e tempo são resultados dessas melhorias de comunicação. Os protótipos também são utilizados para verificar se um objeto precisa de aprimoramento (HOTZA, 2009).

A princípio, a RP possibilitava principalmente a obtenção de protótipos para visualização, sem muito se considerar sua função, precisão dimensional e performance. Com o passar do tempo, melhorias foram surgindo em termos de qualidade, precisão e aumento do número de materiais disponíveis para obtenção dos protótipos, em resposta a novas exigências. Em paralelo, também foram sendo desenvolvidos e aperfeiçoados processos de Ferramental Rápido (*Rapid Tooling*, RT) e, ainda, de Manufatura Rápida (*Rapid Manufacturing*, RM). O primeiro diz respeito à fabricação de moldes-protótipo e o segundo à fabricação direta de produtos finais, sem a necessidade de ferramental. (VOLPATO et al, 2007; PALM, 2011).

Gorni generaliza afirmando que “o termo *prototipagem rápida* designa um conjunto de tecnologias usadas para se fabricar objetos físicos diretamente a partir de fontes de dados gerados por sistemas de projeto auxiliado por computador (CAD)” (2001, p.230).

Apesar do termo original “Prototipagem Rápida” prevalecer, Volpato et al (2007) expõem algumas denominações alternativas que vêm sendo sugeridas em algumas bibliografias, como Manufatura por Camada (*Layer Manufacturing*), Fabricação de Forma Livre (*Solid Free Form Fabrication*), Manufatura de Bancada (*Desktop Manufacturing*) e Manufatura com Acréscimo de Material (*Material Ingress Manufacturing*).

⁴ Optou-se, neste trabalho, por utilizar a abreviatura do termo em inglês (RP), para evitar confusão com a sigla do estado do Paraná (PR), a qual também é mencionada por diversas vezes.

A palavra “rápida” é relativa, já que a fabricação de alguns protótipos pode levar de 3 a 72 horas, dependendo do tamanho e da complexidade do objeto, de acordo com Gorni (ibid). Contudo, esses processos são mais rápidos que os métodos manuais, que podem requerer dias ou mesmo semanas para se fabricar uma única peça.

Volpato et al. (ibid) discorrem sobre as diversas formas de se representar um produto tridimensionalmente. Dentre elas os autores listam a modelagem manual, a prototipagem virtual (modelagem virtual), a prototipagem por usinagem CNC (Controle Numérico Computadorizado) e a prototipagem rápida propriamente dita.

Nota-se que os autores consideram a prototipagem rápida como uma técnica distinta de usinagem CNC. Entretanto, Selhorst Jr. (2008) assim como Pham e Gault (1998) generalizam quando conceituam a RP, fazendo a distinção do processo de acordo com a remoção ou adição de material.

Sintetizando, a prototipagem rápida, conforme esses três autores, baseia-se em uma técnica de produção que se subdivide em dois tipos de processo: aditivo (prototipagem rápida “original”, impressão 3D, etc.) e subtrativo (usinagem CNC, dentre outras). Este trabalho utilizará essa conceituação apresentada por esses autores (vide glossário).

2.1.3 Prototipagem rápida por processos aditivos

A prototipagem rápida aditiva baseia-se em um processo de fabricação que se dá por meio da adição de material em forma de camadas planas sucessivas (VOLPATO et al.,2007).

O processo inicia quando o modelo tridimensional do objeto é “fatiado” eletronicamente, obtendo-se camadas nas quais se planejará onde o material será adicionado. Na seqüência, gera-se a peça física por meio do empilhamento e aderência das camadas, da base até o topo da mesma (VOLPATO et al., ibid).

Gorni (2001) explica esse processo mais detalhadamente: *“Um pacote de software “fatia” o modelo do componente em CAD em várias camadas finas, com aproximadamente 0,1 mm de espessura, as quais são dispostas uma sobre a outra ”*(p. 2).

Volpato et al. (ibid), Hotza (ibid) e Gorni (ibid) afirmam o mesmo sobre as etapas que constituem o processo das tecnologias de protototipagem por adição de material existentes. Elas são similares e, no geral, compreendem (figura 1):

a) Modelagem tridimensional do objeto em um sistema CAD;

- b) Conversão do arquivo CAD em formato STL⁵;
- c) Planejamento do processo para a fabricação por camada;
- d, e, f) Fabricação camada a camada;

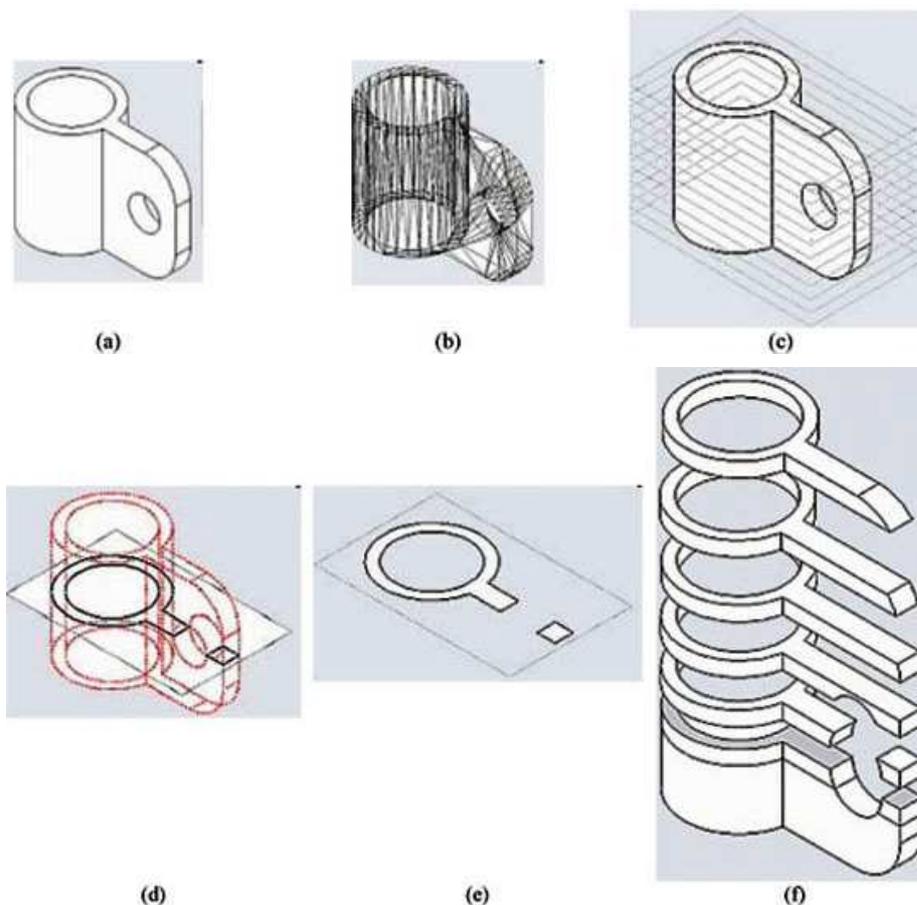


Figura 1 – Representação das etapas do processo de manufatura por camada.
 Fonte: Hotza (2009)

O passo final é o pós-processamento, que consiste na limpeza e acabamento do protótipo. Lixamento e/ou pintura do modelo são importantes, pois além de melhorar sua aparência, aumenta também sua durabilidade (HOTZA, 2009).

Volpato et al (2007) afirmam que existem mais de vinte sistemas de prototipagem rápida aditiva disponíveis comercialmente, sendo que esses podem ser classificados de acordo com o estado inicial da matéria-prima utilizada: líquido, sólido e pó. Todos, no entanto, partem do mesmo princípio explicado anteriormente.

A seguir, um quadro que apresenta os processos mais importantes comercialmente ou os mais promissores, na visão de Volpato et al (ibid) (quadro 2).

⁵ STL significa STereoLitography – “aproximação da superfície da peça usando malha de triângulos” (VOLPATO, 2007, p. 10).

Quadro 2 – Classificação dos processos de RP baseada no estado inicial da matéria-prima utilizada

	Processo	Empresa fabricante	Custo inicial de aquisição	Velocidade de construção	Acabamento Superficial
Baseados em LÍQUIDO	Estereolitografia – SL (StereoLitography)	3D Systems, Inc (EUA) www.3dsystems.com	Alto	Média	Excelente
	Impressão a Jato de Tinta – IJP (Ink Jet Printing)	Objet Geometries Ltd (Israel) www.2objet.com	Médio	Média	Bom
		3D Systems, Inc (EUA) www.3dsystems.com	Baixo	Alta	Regular-Bom
Baseados em SÓLIDO	Modelagem por Fusão e deposição – FDM (Fused Deposition Modeling)	Stratasys (EUA) www.stratasys.com	Médio	Baixa	Regular
	Manufatura Laminar de Objetos – LOM (Laminated Object Manufacturing)	Cubic Technology (EUA) www.cubictكنولوجي.com	Médio	Média-Alta	Regular-Ruim
	Tecnologia com Lâminas de Papel – PLT (Paper Lamination Technology)	Kira Corporation Lt. (Japão) www.kiracorp.co.jp	Médio	Média-Alta	Regular-Ruim
	Impressão a Jato de Tinta – IJP (Ink Jet Printing)	3D Systems, Inc (EUA) www.3dsystems.com	Baixo	Média-Alta	Regular
		SolidScape, Inc. (EUA) www.solid-scape.com	Baixo	Baixa	Excelente
Baseados em PÓ	Sinterização seletiva a Laser – SLS (Selective Laser Sintering)	3D Systems, Inc (EUA) www.3dsystems.com	Alto	Média	Bom
	Sinterização a Laser (Laser Sintering)	EOS GmbH (Alemanha) www.eos-gmbh.de	Alto	Média	Bom
	Fabricação da Forma Final a Laser – LENS (Laser Engineered Net Shaping)	Optomec, Inc. (EUA) www.optomec.com	Alto	Baixa	Regular-Ruim
	Impressão Tridimensional – 3DP (3 Dimensional Printing)	Z Corporation (EUA) www.zcorp.com	Baixo	Alta	Regular
		Ex One Corporation (EUA) www.prometal.com	Médio	Alta	Regular

Fonte: Adaptado de Volpato et al (2007, p. 96-98)

Em relação ao uso deste processo para produção seriada de produtos, Volpato et al. (2007) ressaltam que devido ao alto custo envolvido, existe uma limitação na quantidade de

unidades que podem ser produzidas com os sistemas de prototipagem rápida atuais. Os autores indicam que quando se deseja um número maior de peças, deve-se recorrer às tecnologias de obtenção de ferramental rápido.

Essa afirmação confirma que a produção de produtos por prototipagem rápida diretamente em cerâmica ainda não é uma realidade palpável em decorrência não só do custo, mas também por falta de algumas tecnologias de matéria-prima e maquinário. Contudo, justifica a proposta deste trabalho que sugere a implementação da RP na indústria de louças de mesa em cerâmica, por meio da produção das matrizes por esse processo, e não o produto final.

2.1.4 Prototipagem rápida por processos subtrativos

Conforme Selhorst Jr. (2008) os processos de prototipagem rápida por subtração de material baseiam-se no desbaste de um bloco de material até se obter o objeto desejado, utilizando-se, para isso, um equipamento específico.

A possibilidade de uso de diversos materiais somada à flexibilidade do processo e à velocidade de resposta a execução de protótipos, habilitam este processo ao conceito de prototipagem rápida, defende o mesmo autor.

A usinagem CNC (Comando Numérico Computadorizado) é um processo subtrativo e Volpato et al. (2007) afirmam que seu surgimento foi anterior ao da prototipagem rápida por adição de camadas.

É importante ressaltar que o termo usinagem faz referência a todo e qualquer processo mecânico, no qual uma peça é resultado de um processo de remoção de material, seja através da ação de uma ferramenta ou de uma máquina. Isto é, processos como fresamento, serramento e furação são considerados usinagem. No entanto, a prototipagem rápida subtrativa compreende apenas o processo de usinagem CNC, o qual utiliza uma máquina de alta precisão para a subtração de material.

Conforme Madison (1996, p.5), *“CNC é uma forma específica de controle onde a posição é a principal variável controlada”*. Assim, após modelar a peças no CAD 3D, geram-se valores numéricos no CAM que representam posições de ferramentas e informações de funções secundárias. Todas essas informações, transformadas em códigos, são armazenadas em algum sistema de memória (disquete, chip, etc.) e transformadas em sinais que operarão os eixos da máquina (MADISON, 1996).

Sobre os equipamentos CNC, Selhorst Jr. (2008) afirma que a maioria utiliza três eixos comuns de usinagem, embora muitos venham apresentando mais eixos, além de trocadores

automáticos de ferramentas para a usinagem do verso da peça logo após a finalização da primeira face do objeto. Com isso, abole-se a interferência manual durante o processo (figura 2 e 3).

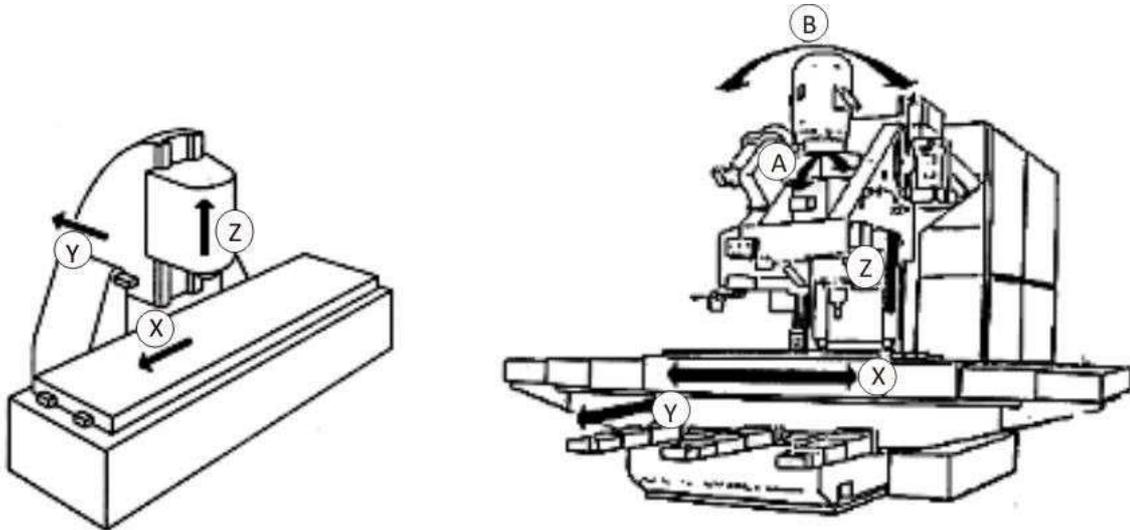


Figura 2 – Representação gráfica de um maquinário CNC de três (X, Y, Z) e cinco eixos (X, Y, Z, A e B)
Fonte: Mundo CNC (2011)

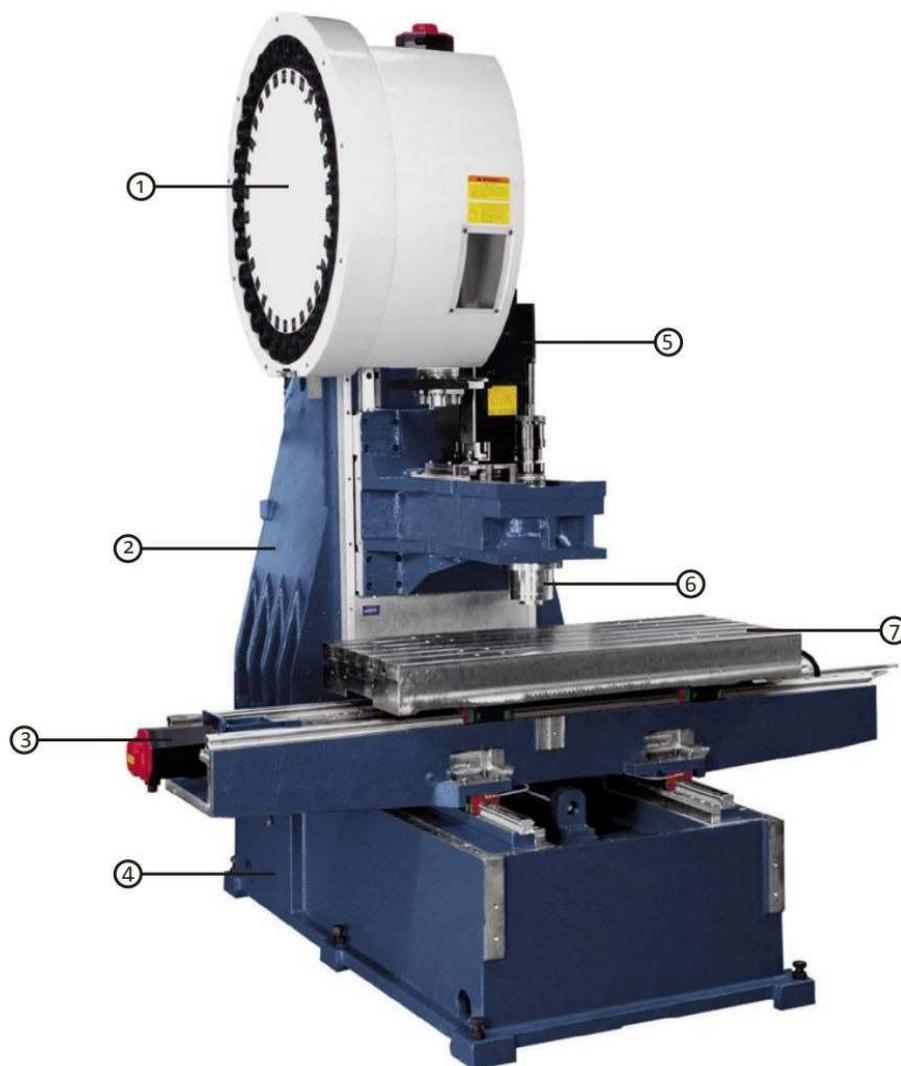


Figura 3 – Principais componentes de um centro de usinagem de 3 eixos
Fonte: Adaptado de Romi (2012)

Os componentes mostrados na figura 3 correspondem a:

- 1 – Trocador automático de ferramenta
- 2 – Coluna
- 3 – Servomotores (responsável pela movimentação nos eixos X e Y)
- 4 – Base
- 5 – Motorização
- 6 – Eixo-árvore (sustentação da ferramenta – eixo Z)
- 7 – Mesas (posicionamento do material)

Quanto às vantagens, Volpato et al. (2007) citam o custo inferior do equipamento e o melhor acabamento superficial, em comparação a impressoras tridimensionais, bem como a ampla gama de materiais que podem ser utilizados.

Além disso, os custos destes processos não dependem apenas do valor dos maquinários e das matérias-primas. Ainda deve-se levar em conta a utilização de fresas, muitas vezes especiais considerando-se suas disponibilidades no mercado (SELHORST JR., 2008).

O quadro 3 apresenta importantes marcas de centros de usinagem e seus respectivos fabricantes.

Quadro 3 – Dados das principais empresas fabricantes de CNCs

MARCA	FABRICANTE	WEBSITE	PÁIS DE ORIGEM
ROMI	Indústrias Romi S.A.	http://www.romi.com.br	Brasil
HAAS	Haas Automation, Inc.	http://www.haascnc.com	EUA
VEKER	Bener Comercial Imp. e Exp. Ltda.	http://www.bener.com	Brasil
OKUMA	WMH GmbH	http://www.wmh-maschinen.de	Alemanha
MAZAK	Yamazaki Mazak Corp.	http://www.mazak.com/	Japão

Fonte: A autora (2012)

2.1.5 Vantagens da prototipagem rápida e influência no processo de inovação

De acordo com Lino e Neto (2010), existe atualmente uma necessidade crescente de retorno rápida às solicitações do mercado, decorrente da globalização da economia. Essa resposta diz respeito à redução do tempo de colocação de novos produtos no mercado (*“time to market”*), sendo esse *“um fator crítico para a competitividade e agressividade comercial das empresas, determinando assim a sua capacidade de subsistência”* (LINO e NETO, 2010, p.1).

Esses autores asseguram que uma das tecnologias mais determinantes na mudança radical de funcionamento das empresas perante esses novos desafios foi a introdução da prototipagem rápida e da capacidade de modelamento virtual 3D.

Segundo Gorni (2001), os processos de RP permitem que os produtos sejam fabricados em menos tempo, além de permitirem que formas complexas sejam produzidas com mais facilidade, atingindo maior inovação formal.

Outro fator percebido é a vantagem de se ter um arquivo virtual da peça a ser produzida. Isso possibilita prever-se como será a peça cerâmica e a configuração do seu molde. Caso exista a necessidade de se realizar alguma atualização no modelo ou no molde, essa alteração é feita diretamente no arquivo eletrônico, não sendo necessário esculpir novas peças.

Esse arquivo ainda apresenta o benefício de otimizar espaço físico da fábrica, já que a empresa cria um acervo apenas de arquivos digitais, além de poder reativá-lo rapidamente para a produção se necessário. Quanto a isso, Volpato et al (2007) prevêem que futuramente não haverá mais prateleiras para estocar, mas sim arquivos digitais de formas tridimensionais

armazenadas digitalmente, que, oportunamente, serão transferidas ao sistema de produção rápida.

2.1.6 A prototipagem no design e produção de peças cerâmicas

Conforme já foi visto, a RP apresenta diversos benefícios como um processo produtivo. Para o setor cerâmico não seria diferente, apesar de não haver uma tradição de uso dessa técnica nessa área. Silva, Madeira e Kistmann (2008) observam que essa tecnologia apresenta resistência em tal setor, pois esse campo se caracteriza pelo processo de manufatura tradicional.

As autoras ainda citam o custo desse processo automatizado também como fator de resistência, pois as fábricas pequenas alegam não possuírem recursos para investimentos deste tipo. Isso leva as mesmas autoras a concluírem que esse fator leva a outro: a falta de visão de futuro. *“As empresas estão produzindo desta forma tradicional e não conseguem perceber que a implantação das novas tecnologias pode melhorar o desempenho, a qualidade e conseqüentemente o faturamento”* (SILVA, MADEIRA e KISTMANN, *ibid*, p. 7).

Outro problema que também poderia ser amenizado com o uso dessa tecnologia é a forte concorrência que a indústria de louça de mesa enfrenta com os produtos estrangeiros, sobretudo asiáticos, no mercado nacional. O investimento em Design (departamento interno de criação) e tecnologias de prototipagem rápida resulta na possibilidade de criação de produtos mais inovadores e sintonizados com as necessidades dos consumidores e, conseqüentemente, acarreta em um aumento do poder de competição das empresas cerâmicas no mercado.

Conforme a literatura, pode-se dizer que a RP pode ser usada como uma ferramenta das empresas para se colocar em prática idéias formais inovadoras, geometrias mais complexas, as quais dificilmente seriam produzidas por processos manuais e dificilmente seriam copiadas. As figuras a seguir ilustram casos internacionais e nacionais e internacionais de peças cerâmicas produzidas com o apoio de técnicas de prototipagem rápida (figuras 4 e 5).

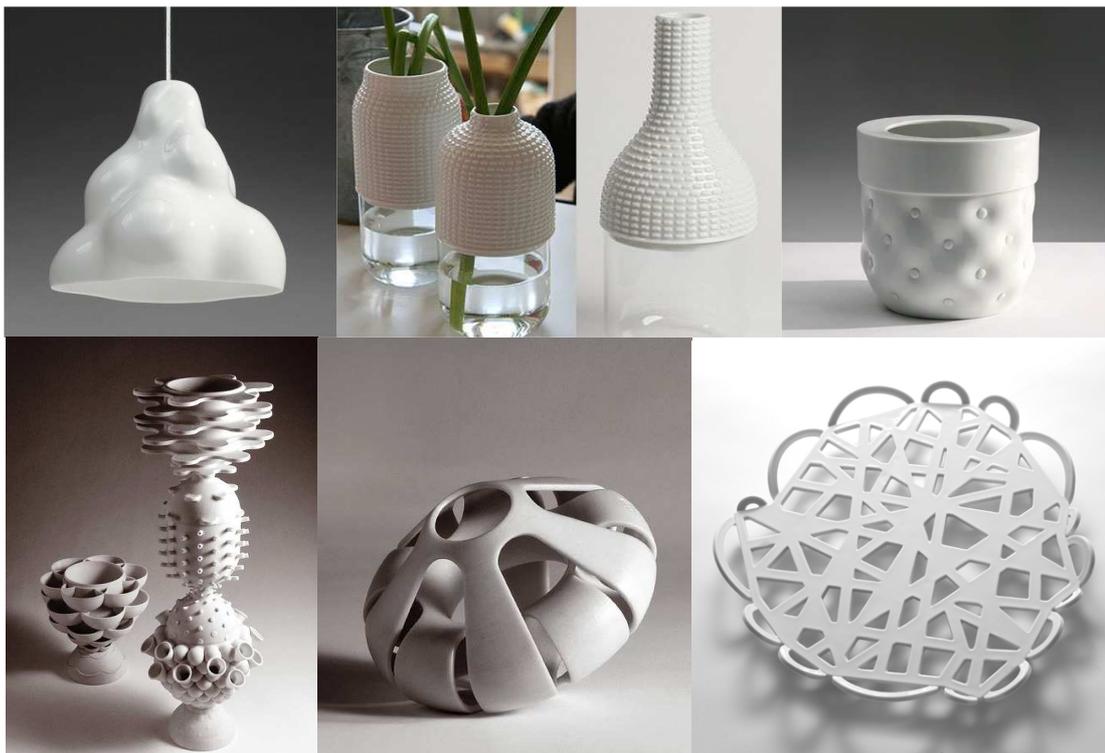


Figura 4 – Produtos internacionais em porcelana produzidos por técnicas de prototipagem rápida aditiva e subtrativa (Industreal, Itália)
 Fonte: Industreal (2011)



Figura 5 – Produtos cerâmicos nacionais produzidos utilizando RP (Holaria – cerâmica contemporânea, Curitiba - PR)
 Fonte: Holaria (2010)

Quanto aos exemplos de produtos nacionais exibidos na figura 5, eles foram desenvolvidos por uma empresa com sede em Curitiba, a Holaria – Cerâmica Contemporânea,

que já utiliza essa tecnologia integrada à fabricação de seus produtos há alguns anos. Esse trabalho vem sendo reconhecido nacional e internacionalmente, com o recebimento de prêmios, em razão de sua inovatividade formal (HOLARIA, 2010).

Para chegar a um resultado satisfatório, a equipe da empresa utiliza softwares de modelagem virtual como suporte para suas criações. Todas as ferramentas de produção são produzidas em equipamentos de usinagem CNC, o que garante a precisão necessária (HOLARIA, 2010).

Ainda segundo informações do site da empresa (HOLARIA, *ibid*), a Holaria viabiliza a produção de seus produtos nas indústrias de louça de mesa e decoração parceiras localizadas em Campo Largo-PR, aproveitando a disponibilidade de matéria-prima, equipamentos e mão-de-obra qualificada. Por vezes essa parceria também resulta na terceirização de projetos de linhas de produtos para tais indústrias. Com isso, a empresa fomenta o design na cultura empresarial do município e encoraja o investimento em inovação e tecnologia.

Os sócios da empresa acreditam que:

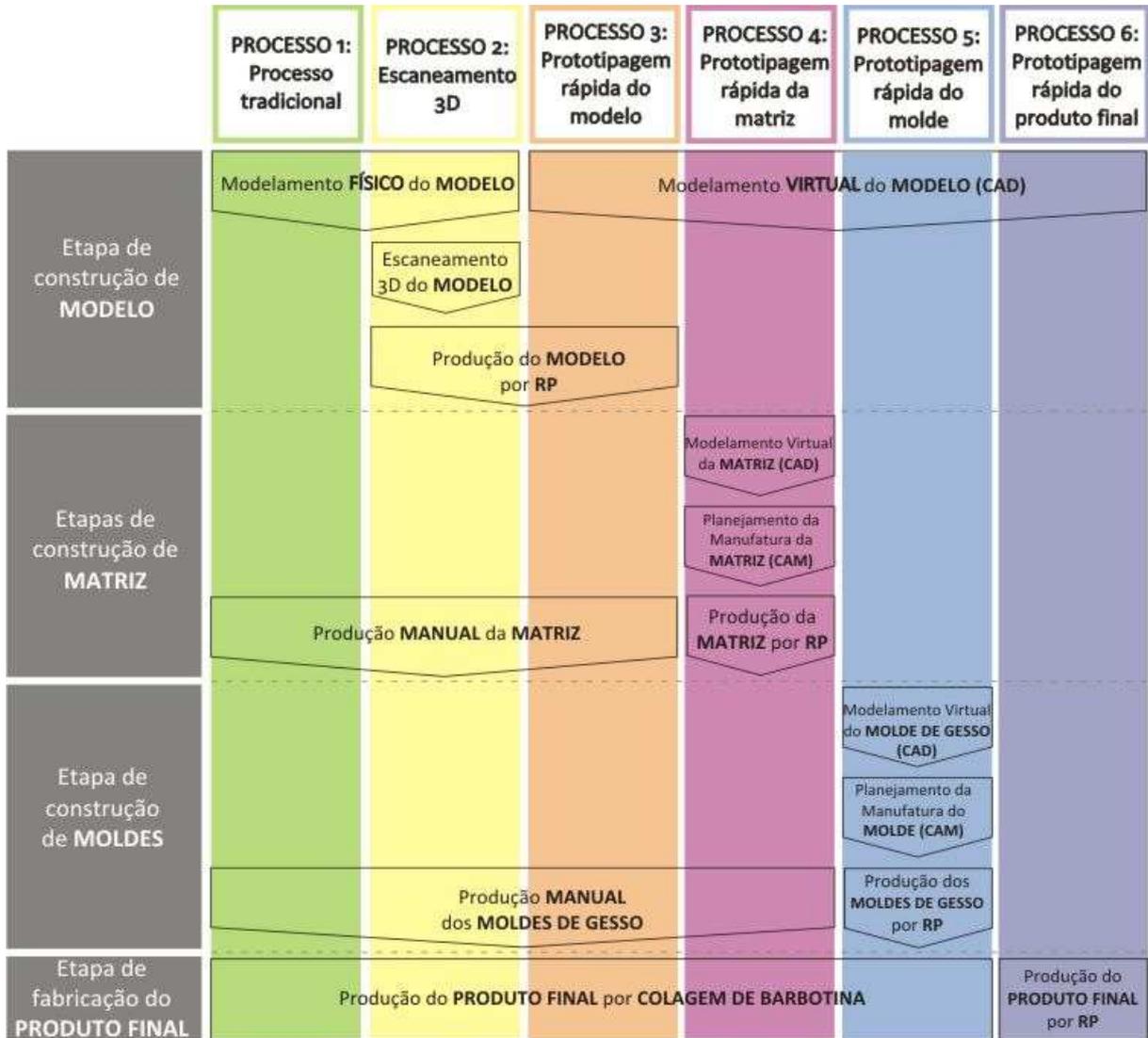
“As novas formas de projetar, amparadas nas técnicas de modelagem virtual e da construção automatizada das ferramentas de produção, amplifica as possibilidades para a criação de novos designs, esteja o designer buscando expressar um conceito através de um objeto extremamente geométrico ou extremamente orgânico.” (HOLARIA, 2010)

Pereira (2009) analisou o caso da projeção de produto da Holaria para uma indústria de louça de Campo Largo-PR, desde o projeto informacional, passando pelo modelamento em CAD 3D do produto e da elaboração da matriz virtual digital no projeto conceitual, à fabricação das mesmas por usinagem. O autor observa que a aquisição de uma nova tecnologia como essa está totalmente atrelada a mudanças também no processo projetual. Portanto, o esforço pode ser comprometido caso haja a mudança para a melhoria de apenas um dos dois aspectos.

2.1.7 Síntese dos métodos de produção de louça de mesa considerando a inserção da prototipagem rápida

Com base nas informações apresentadas até então, considera-se a inserção da prototipagem rápida de cinco formas no processo de fabricação de peças cerâmicas. No quadro 4 contém um esquema das etapas desses processos – os quais serão explicados com mais detalhes na seqüência –, além do tradicionalmente utilizado na produção de peças cerâmicas por colagem de barbotina.

Quadro 4 – Cinco formas de se fabricar um produto cerâmico utilizando a prototipagem rápida e a colagem de barbotina



Fonte: A autora (2010)

- **PROCESSO 1 - Processo tradicional:** Fabricação de cerâmicos por Colagem de Barbotina, sem nenhum tipo de automação. É um processo inteiramente manual.
- **PROCESSO 2 - Escaneamento 3D:** Processo parcialmente manual, pois se fabrica um modelo manualmente, o qual é posteriormente escaneado tridimensionalmente (uso de scanner 3D) e depois produzido por prototipagem rápida. As etapas que se seguem são manuais: produção da matriz a partir do modelo prototipado, produção do molde de gesso a partir da matriz e produção do produto final por colagem. Este processo já é comumente utilizado em áreas como a arqueologia e a museologia, em que se tem a intenção de reproduzir peças originais danificadas com o tempo.
- **PROCESSO 3 - Prototipagem Rápida do modelo:** Processo parcialmente manual, pois o modelo do produto é modelado no CAD, para posterior produção por

RP. Assim como no método 2, as etapas seguintes são manuais: produção da matriz a partir do modelo prototipado, produção do molde de gesso a partir da matriz e produção do produto final por colagem.

- **PROCESSO 4 - Prototipagem Rápida da matriz:** Processo parcialmente manual, no qual se abole a etapa de produção da matriz, diferentemente dos métodos 2 e 3. Inicia-se diretamente com o projeto CAD 3D do modelo e da matriz, e, logo, a prototipagem desta última. As etapas de confecção de moldes de gesso e colagem das peças são feitas manualmente.
- **PROCESSO 5 - Prototipagem Rápida do molde:** Processo parcialmente manual, no qual é utilizado o CAD 3D para modelar o modelo, bem como o seu molde que será prototipado diretamente em gesso, ou seja, os moldes seriam produzidos em série. A etapa seguinte consiste na colagem de barbotina das peças, por meio desses moldes produzidos por RP.
- **PROCESSO 6 - Prototipagem Rápida do produto final:** Processo totalmente automatizado, que é composto por apenas duas etapas: modelamento virtual do modelo-produto e sua produção seriada por prototipagem rápida aditiva. Este último método ainda encontra-se em fase de pesquisas e desconhece-se o seu uso industrialmente.

Na Bowling Green State University, Estados Unidos, o professor da disciplina de Cerâmica, John Balistreri, vem desenvolvendo um projeto que envolve a realização de experimentos a respeito da produção de peças cerâmicas por Impressão 3D (vide glossário). Nesse estudo, tais peças são imediatamente submetidas à queima após sua fabricação por RP, dispensando o uso de moldes (BALISTRERI, 2011).

O material utilizado baseia-se em um composto de pó cerâmico e aglutinante, o qual já foi patenteado pela universidade (BALISTRERI, 2011; CERAMIC 3D PRINTING, 2011).

Volpato et al (2007) também mencionam um novo processo baseado na tecnologia 3DP, denominado *Direct Shell Production Casting* (DSPC), que constrói fisicamente moldes de cerâmica para fundição de metais. Para isso utiliza um pó cerâmico (alumina fina) unido por um aglutinante de sílica coloidal.

Ainda no Brasil, o engenheiro de materiais Jamil Duailibi Filho, do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), desenvolveu tecnologia similar durante um projeto com suporte da FINEP, intitulado “Obtenção de Cerâmicas de Geometria Complexa por Impressão 3D” (figura 6). Originalmente, o equipamento de prototipagem rápida desenvolvido utilizava gesso em pó que se solidificava em camadas sucessivas através de um pequeno jato de água. A nova técnica

substitui o gesso pela cerâmica e já foi testada como sucesso para a produção de próteses dentárias, implantes de reconstituição facial, isolantes térmicos para altíssimas temperaturas e suportes para catalisadores (INT, 2010).

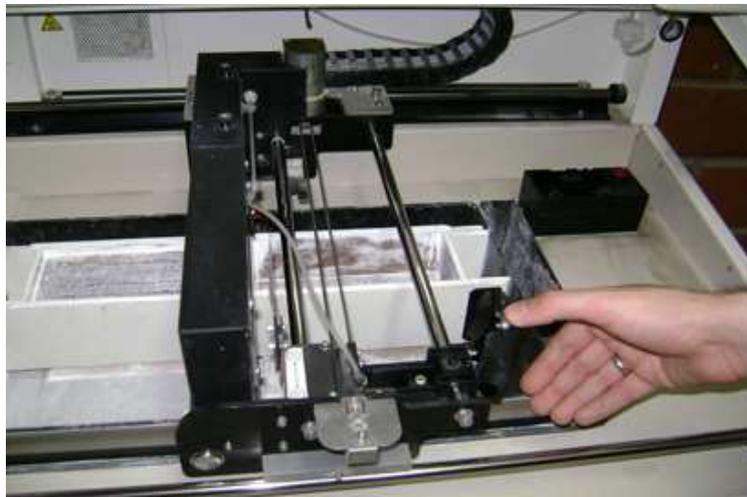


Figura 6 – Impressora 3D que fabrica peças cerâmicas
Fonte: INT (2010)

Saura (2003) reforça que *“os sistemas de RP ainda não podem produzir peças em larga escala de forma rápida o suficiente para atender o espectro enorme de exigências da indústria”*. Em razão disso, sugere o uso da RP na produção de moldes, matrizes ou modelos.

Diante do apresentado, nesta pesquisa optou-se por estudar o Método 4, que consiste na prototipagem rápida da matriz (pré-molde), por se verificar que é o que apresenta maiores possibilidades de ser imediatamente aplicado no APL, além das vantagens sobre outros. Uma delas é a eliminação da etapa de construção física de um modelo e seu molde de gesso, anterior à matriz, poupando, dessa forma, tempo e material.

2.1.7.1 A prototipagem rápida inserida no processo de confecção de matrizes

Como mencionado, a proposta deste trabalho é Investigar a possibilidade de aplicação da prototipagem rápida nos processos de desenvolvimento, manufatura e inovação de louças cerâmicas, tendo como foco principal o Arranjo Produtivo Local (APL) de Louças de Campo Largo - PR. Uma das possibilidades encontradas é a introdução dessa técnica na produção de matrizes (pré-moldes), para posterior produção de moldes de gesso e conformação das peças por colagem de barbotina.

Em termos de utilização internacional dessa técnica, cita-se o exemplo de uma bandeja para sushi, a qual foi produzida a partir de um pré-molde de compensado usinado em CNC (DESIGNBOOM, 2010). Para tanto, modelou-se primeiramente o conceito em um software de

modelamento 3D (CAD), com base em esboços e croquis manuais prévios. Logo, a partir da peça já modelada, elaborou-se a sua respectiva matriz (figura 7). Para o planeamento das estratégias de usinagem, utilizou-se o CAM, como pode ser visto na figura 7.

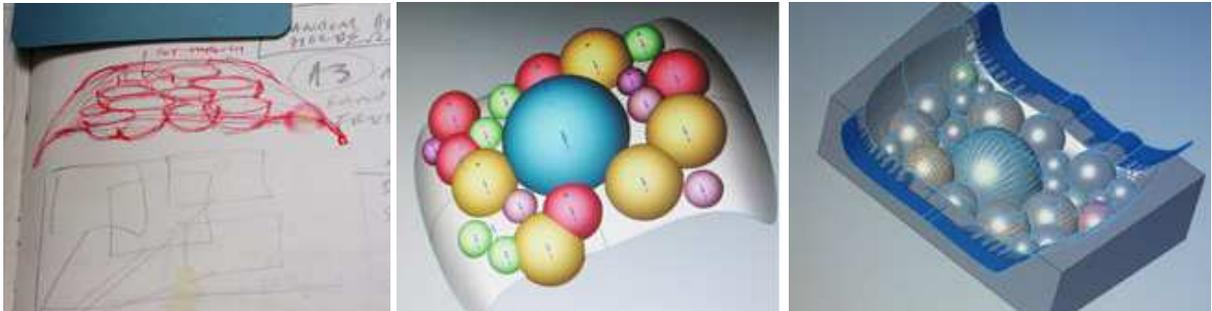


Figura 7 – Do esboço ao modelamento 3D do produto e sua respectiva matriz no CAD
Fonte: Designboom (2010)



Figura 8 – Planeamento da usinagem feita no CAM
Fonte: Designboom (2010)

Após a definição das estratégias, gera-se no CAM o programa que será transferido e lido pelo centro de usinagem para, assim, fabricar a peça. Neste caso utilizaram-se várias placas de compensado, as quais foram empilhadas e coladas a fim de confeccionar um bloco. Na figura 9 podem ser vistas as camadas que compuseram o mesmo, além do molde de gesso produzido a partir da matriz. A figura 10 mostra o produto final.



Figura 9 – Matriz de compensado sendo usinada e a confecção do seu molde em gesso
Fonte: Designboom (2010)



Figura 10 – Resultado final da bandeja para sushi (design de Mark McClean, EUA)
Fonte: Designboom (2010)

Lino e Neto (2011) também apresentam exemplos da indústria portuguesa de louça de mesa em que peças em porcelana foram obtidas a partir de matrizes produzidas por tecnologias de prototipagem rápida (figura 11).



Figura 11 – Matrizes fabricadas por um processo de prototipagem rápida e sua peça final
Fonte: Lino e Neto (2011, p.4)

Outro caso que pode ser mencionado – este por sua vez acadêmico – é o da dissertação de Silva (2008), na qual utilizou a técnica de RP no experimento de sua dissertação com o tema embalagem em grés cerâmico. No entanto, a pesquisadora não confeccionou uma matriz, mas sim um modelo em equipamento de usinagem CNC, utilizando poliuretano (PU), o qual serviu de base para a produção da peça em cerâmica, posteriormente (figura 12).



Figura 12 – Modelo feito em PU utilizando prototipagem
Fonte: Silva (2008)

Outro exemplo de utilização da RP na produção de cerâmica é o caso de um grande Projeto realizado financiado pela FINEP, subdividido em 5 Sub-Projetos (FERNANDES E KISTMANN, 2009).

O Sub-Projeto Formas Tipo e Design de Louça de Mesa tinha como objetivo comparar um novo processo proposto (colagem sob pressão) com o processo tradicional. Para tanto, a equipe de trabalho desenvolveu uma linha de produtos de geometria complexa, para posterior execução das peças por diferentes empresas do APL de Campo Largo-PR. As matrizes desses produtos foram usinadas em poliuretano de alta densidade. Um dos produtos da linha pode ser observado na figura 13, assim como sua respectiva matriz.



Figura 13 – Matriz usinada em poliuretano de alta densidade e peça gerada em cerâmica branca
Fonte: A autora (2010)

2.1.8 Complexidade visual versus atratividade dos produtos

Baxter (2000) assegura que a atratividade de um produto está diretamente relacionada ao seu aspecto visual, ou seja, que na percepção humana “o sentido visual é predominante sobre os demais sentidos” (p.25).

Esse autor (BAXTER, *ibid*) cita uma pesquisa realizada por um psicólogo canadense, Daniel Berlyne, em que ele relaciona a atratividade que alguns produtos exercem sobre as pessoas, em relação a sua complexidade visual. Ele comprovou que produtos muito simples,

assim como aqueles muito complexos, provocam indiferença no consumidor, enquanto que um nível intermediário apresenta alto grau de preferência. Esses produtos, afirma Baxter (ibid), encontram-se encaixados em um nível denominado “ótimo de complexidade”, isto é, atraem ao máximo a atenção humana.

O resultado encontra-se demonstrado em um gráfico com uma curva de preferência para a complexidade visual (figura 14).

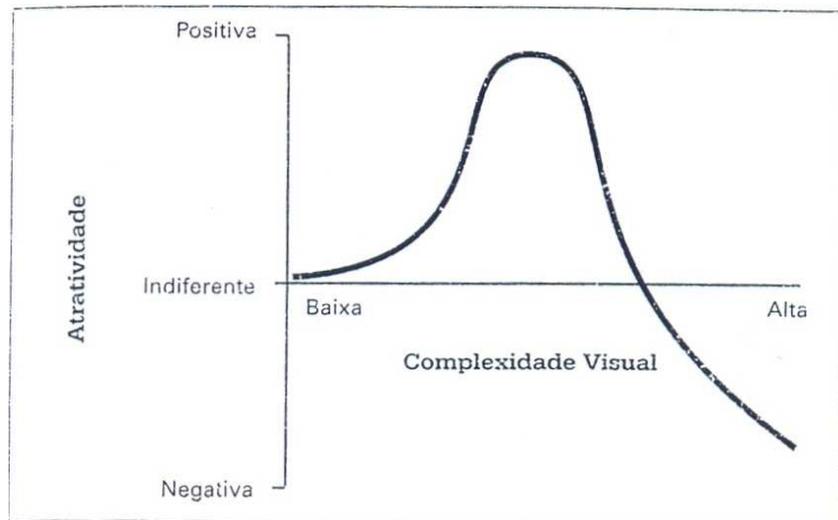


Figura14 – Modelo de Berlyne sobre o ponto ótimo de complexidade que maximiza a atratividade do objeto

Fonte: Baxter (2000, p. 35)

Berlyne, segundo descreve Baxter (ibid) conclui esse estudo com quatro teorias:

1 Complexidade Percebida: A atração visual de um produto depende da complexidade percebida pelo observador, e não da complexidade intrínseca do mesmo, até porque o conceito de complexidade é relativo. O psicólogo ainda relaciona a simplicidade visual à segurança, e complexidade à insegurança.

2 Influência do tempo: A preferência das pessoas também costumam sofrer oscilações ao longo do tempo, e isso pode ser explicado pela interação entre complexidade e familiaridade. Uma geometria pode passar a agradar mais com o passar do tempo, à medida que se torna mais familiar.

3 Mistura de simplicidade com complexidade: Um objeto é considerado interessante, antes de ser atrativo. Após despertar interesse, o objeto conseguirá captar e manter a atenção do observador até que o objeto se torne familiar e, portanto, atrativo. O autor propõe que a melhor receita para se alcançar a atratividade em um produto é a combinação de formas simples e complexas.

4 Significado simbólico: Ao perceber um objeto, o nosso cérebro, instintivamente, o classifica de imediato como interessante ou não. Ele busca na memória emoções e sentimentos ligados a outros objetos ou elementos familiares.

Baxter (2000) também discursa sobre bissociação e como isso pode ser um bom recurso para se atrair a atenção de um observador para um produto. O termo, que significa “quebra de nossa expectativa de associação normal, sendo substituída pelo inusitado, surpresa ou choque” (p.42), é exemplificado com o caso do espremedor de limão *Juicy Salif*, do designer francês Phillippe Starck (figura 15). O autor compara as três pernas que sustentam o corpo do objeto com “inseto exótico” e “espaçonave extraterrestre”. No entanto, observa que as ranhuras presentes no corpo, lembram um espremedor tradicional. O contraste entre essas duas imagens é considerado pelo autor como bissociativo (BAXTER, *ibid*).



Figura 15 – Espremedor de limão com desenho bissociativo
Fonte: Starck (2011)

Sintetizando o exposto, a atratividade é resultado de uma combinação adequada de elementos simples e complexos. Produtos com muito singelos não serão considerados interessantes e, portanto, sem atração. Por outro lado, produtos demasiadamente complexos tendem a ser rejeitados. Há que se buscar, então, o equilíbrio entre a melhor combinação entre complexidade e simplicidade para o produto ser atrativo e não perder interesse em pouco tempo.

2.2 O APL DE LOUÇAS DE CAMPO LARGO- PR

Este item apresenta o embasamento teórico a respeito do design e manufatura junto ao Arranjo Produtivo Local de Louças localizado em Campo Largo – PR. Abordar-se-á questões

como a caracterização geográfica, histórica e econômica desse APL, os materiais e processos de fabricação utilizados No desenvolvimento e produção de peças cerâmicas na região.

2.2.1 Caracterização

Para o embasamento deste item, usaram-se, sobretudo, dados do último relatório de pesquisa realizado pelo IPARDES (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social) sobre a situação econômica desse Arranjo. Apesar de o estudo ter sido realizado em 2006, é o estudo mais completo e preciso sobre o local.

Segundo IPARDES (2006), o APL de Louças e Porcelanas abrange empresas situadas no município de Campo Largo, o qual integra a Região Metropolitana de Curitiba (RMC) (figura 16), localizada no leste do Paraná (figura 17).



Figura 16– Região Metropolitana de Curitiba
Fonte: IPARDES (2006)

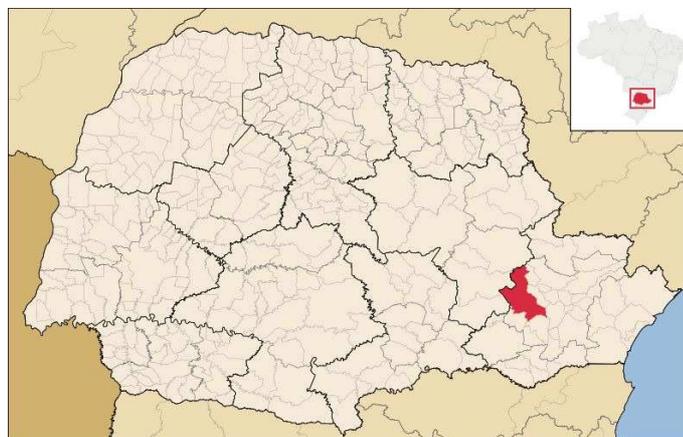


Figura 17 – Localização de Campo Largo no Paraná
Fonte: CAMARA MUNICIPAL DE CAMPO LARGO (2010)

De acordo com a mesma fonte, o município de Campo Largo apresenta um solo rico em caulim e argila, próprios para a fabricação de cerâmica e porcelana utilitária. Esse fato deu origem à formação de um parque industrial, formado ao longo das últimas décadas (IPARDES, 2006).

Na década de 1950 surgiram na região as três firmas pioneiras, cujo conhecimento específico teve papel fundamental na criação das principais empresas locais e na formação da mão-de-obra (ibid). Hoje, a cidade abriga 36 indústrias produtoras de louça de mesa e adornos, que produzem cerca de 450 milhões de peças ao ano, o que a caracteriza como a principal produtora de louça do país (O ESTADO DO PARANÁ, 2011). A maioria dessas empresas é considerada de pequeno porte, embora exista uma empresa, mais antiga, de grande porte que se diferenciam por utilizarem porcelana de alta qualidade como matéria-prima principal. Isso gera um maior valor agregado às peças e, por conseguinte, maior destaque da mesma.

Segundo IPARDES (2006), o segmento local de louças em cerâmica (faiança e grés) está direcionado a um mercado consumidor mais popular, enquanto que o segmento de louças em porcelana, a um mercado consumidor de maior renda. Em ambos, há uma concorrência com a porcelana decorativa chinesa, embora a pressão competitiva seja maior sobre o segmento mais popular. Nota-se, no entanto, que algumas empresas estão iniciando um processo de valorização do design para combater a concorrência, investindo no desenvolvimento de linhas de produtos de cerâmica de maior valor agregado, incluindo também produtos de porcelana.

Quanto aos principais produtos do segmento de cerâmica do APL, IPARDES (ibid) cita pratos, xícaras, canecas, travessas, bules e pratos para sobremesa. Já o segmento de porcelanas, os autores mencionam pratos, xícaras, travessas, leiteira e chaleira, comercializados na forma de jogo de mesa, linha hoteleira, linha refratária e adornos (vasos) (figura 18). As linhas de produtos de cerâmica e porcelana de maior valor agregado são compostas por louças, vasos e estatuetas decorativas.



Figura 18 – Peças da linha hoteleira em porcelana produzidas por empresa de grande porte integrante do APL de Campo Largo – PR
Fonte: Germer (2010)

Do arranjo também fazem parte grande parte dos fornecedores de insumos, componentes e prestadores de serviços. Já os fornecedores de máquinas e equipamentos localizam-se em outros estados e, principalmente, em outros países (IPARDES, 2006).

Conforme IPARDES (2006), os insumos mais relevantes são: argila, caulim, quartzo, feldspato, albita, caulenita, filito, talco, gesso, esmaltes, corantes, verniz e decalque para a fase de pintura e acabamento.

Sobre a concepção e desenvolvimento dos produtos, as empresas locais têm como principal fonte de informação a imitação de concorrentes externos ao APL, ficando restritas suas possibilidades de agregar maior valor ao produto e de acesso a mercados mais exigentes (IPARDES, *ibid*).

Nas empresas maiores, lançam-se coleções, normalmente, em duas épocas do ano: no mês de março e em setembro (EVERS, 2010).

Carvalho, Ecker e Pellanda Jr (2001) expõem alguns aspectos negativos do design percebidos no APL de Campo Largo, em relação aos projetos, produção e comunicação dos produtos:

- não utilização de metodologias de projeto e desenhos técnicos para uso na produção industrial;
- não acompanhamento do produto (pós-venda) e de conhecimento do cliente;
- ausência de cultura de inovação;
- ausência de um profissional de design responsável pela criação de decorações para as peças e pela identidade visual;
- linguagem dos produtos atrelada ao senso estético dos proprietários das empresas;
- pouca exposição das indústrias e de seus produtos na forma de catálogos, páginas de internet e outros meios de comunicação e publicidade;
- embalagens precárias, não fazendo uso desses suportes como forma de comunicação de seus produtos.

IPARDES (*ibid*) afirmam que existem instituições de apoio tecnológico no âmbito do APL para auxiliar na criação e desenvolvimento de novos produtos. Porém, a maioria das empresas reconhece que sua principal fonte de informação para a concepção de produtos são as visitas a feiras em outras regiões do país. Além disso, também são apontados como fontes relevantes as especificações de clientes, os catálogos, revistas e sites especializados. *“Muitas vezes, a sinalização para novos produtos é captada pelos representantes comerciais das empresas”* (IPARDES, 2006, p.19).

Especula-se que um dos motivos que leva as empresas assumirem essa postura é a falta de confiança no trabalho de escritórios de design, por serem considerados, pelos empresários, muito generalistas e não possuírem o conhecimento técnico adequado (EVERS, 2010).

Em relação às principais fontes de informação para inovação de processo utilizadas pelas empresas locais, apontam-se feiras e exposições, visitas a outras empresas de fora da região, os clientes e os funcionários que trabalham em outras empresas (IPARDES, 2006; EVERS, 2010).

2.2.2 Matérias-primas utilizadas no setor

Existem algumas divergências – não só de autores, mas também entre profissionais inseridos no contexto industrial – quanto ao uso de certos termos específicos da área, os quais devem ser esclarecidos neste momento, já que serão utilizados por diversas vezes ao longo do trabalho.

Carvalho, Ecker e Pellanda Jr (2001) afirmam que a indústria de louça de mesa e decoração é caracterizada pela diversidade de processos empregados na produção de seus produtos. São fases muito distintas que, em algumas empresas, são supervisionadas pelos seus próprios donos. Além disso, o conhecimento técnico de muitos dos profissionais envolvidos é adquirido de maneira informal, através da língua falada.

Assim, as divergências acontecem, sobretudo, quanto aos termos “cerâmica” e “louça”. Carvalho, Ecker e Pellanda Jr (ibid) realizaram um estudo sobre a terminologia utilizada por profissionais de empresas produtoras de louça de mesa e adornos de Campo Largo-PR e verificaram que a palavra “cerâmica” é comumente utilizada nessa localidade com diferentes significados: matéria prima; grupo de materiais; sinônimo de porcelana, grés ou faiança. Já o termo “louça” é muitas vezes utilizado erroneamente para definir qualquer utensílio de uso doméstico, mesmo que fabricado em outro material, a exemplo do plástico.

Este trabalho adotará a palavra “cerâmica” para designar “*todo o grupo de produtos resultantes da cocção de argilas, agregadas ou não a outros componentes.*” (FERNANDES, 1998, p.6) e “louça” para indicar os utensílios de mesa produzidos exclusivamente em cerâmica (vide glossário).

Cada autor que se atém aos estudos relacionados às particularidades do vasto campo dos produtos cerâmicos seleciona a classificação que lhe parece mais correta. Esta dissertação adotará a utilizada por Fernandes (1998), a qual faz a distinção relativa à temperatura de cocção de cada material.

Para Fernandes (ibid), as cerâmicas dividem-se em três grandes grupos:

- **Tradicional:** corresponde, sobretudo, a tijolos e telhas, assim como objetos utilitários e decorativos. A argila utilizada apresenta-se nas cores vermelha, castanha ou amarelada. Sua queima se dá entre 950°C e 1.050°C.
- **Avançada:** cerâmicas utilizadas em produtos manufaturados de alta tecnologia. Essas massas são obtidas de matérias-primas puras e sintéticas.
- **Técnica:** inclui a faiança, o grés e a porcelana, os quais são utilizados na confecção de produtos como louça de mesa, louça sanitária, pisos e revestimentos, além de produtos técnicos a exemplo de componentes elétricos. Dependendo do tipo, a cocção se dá entre 1.050°C (faiança) a 1.400°C (porcelana).

Esta dissertação abordará somente o último grupo, já que engloba os materiais utilizados nas empresas produtoras de louça de mesa do APL em questão.

De acordo com Fernandes (ibid), existem dois tipos de faiança: as calcíticas, que utilizam a calcita ou a dolomita como fundente, sendo que a sua cocção varia entre 1.050°C e 1.100°C; e as feldspáticas, que apresentam o feldspato como fundente e temperatura de cocção entre 1.100°C e 1.250°C. Dentre suas propriedades cita-se sua porosidade, baixa resistência mecânica e coloração creme ou branca.

Quanto ao grés, a autora (FERNANDES, ibid) afirma que existem muitas variações de composição. Contudo, em geral é composto por argilas, quartzo e feldspato. Apresenta baixa (ou, em alguns casos, nula) porosidade, elevada resistência mecânica. Dependendo da composição, a temperatura de cocção pode variar entre 1.100°C e 1.300°C.

Segundo a mesma fonte (FERNANDES, ibid), a porcelana é amplamente usada na fabricação de louça utilitária e decorativa, componentes elétricos, dentre outros. Sua composição baseia-se em argila, caulins, quartzo e feldspato. Cor branca (até mesmo translúcida, dependendo da espessura da parede da peça), porosidade nula e alta resistência mecânica representam as principais características deste material. Sua temperatura de cocção varia entre 1.230°C a 1.450°C.

2.2.3 Processos produtivos utilizados no setor

De acordo com Fernandes e Kistmann (2009), os processos utilizados atualmente na indústria de louça de mesa em geral e em particular no APL de Louças de Campo Largo-PR é o processo de colagem de massa fluída (*slip casting*) ou de torneamento (*jigging*) de massas plásticas.

As autoras afirmam ainda que, tradicionalmente, tais processos utilizam moldes de gesso devido a três motivos: 1) baixo custo; 2) versatilidade; 3) uniformidade das peças obtidas (FERNANDES e KISTMANN, 2009).

Quanto às fases do processo produtivo cerâmico, Fernandes (1998) cita quatro principais as quais denomina “procedimentos genéricos tradicionalmente utilizados na transformação das argilas em produtos cerâmicos.” (p.13):

1) Preparação da massa cerâmica:

De acordo com a ABCERAM (2010), os materiais cerâmicos em geral são fabricados a partir da composição de duas ou mais matérias-primas, além de aditivos e água ou outro meio. Por isso, é fundamental que a dosagem das matérias-primas e dos aditivos seja feita de maneira correta. Além disso, Fernandes (1998) relaciona a formulação de “uma boa massa” à homogeneização dos componentes. Portanto, também são de fundamental importância a moagem e a peneiração das matérias-primas para um resultado mais uniforme.

Os diferentes tipos de massa são preparados de acordo com a técnica a ser empregada. Segundo a classificação da ABCERAM (ibid), de modo geral, as massas podem ser classificadas em:

- Suspensão, também chamada barbotina, para obtenção de peças em moldes de gesso ou resinas porosas;
- Massas secas ou semi-secas, na forma granulada, para obtenção de peças por prensagem;
- Massas plásticas, para obtenção de peças por extrusão ou contramoldagem.

2) Pré-moldagem ou conformação:

Esses processos podem ser classificados de acordo com a consistência da massa – via seca (umidade em torno de 5%), via plástica (em torno de 20%) e via úmida (de 35% a 60%).

Na prensagem utilizam-se massas secas, sob a forma de pó atomizado, de acordo com Fernandes (1998). A aglomeração dos grãos acontece quando o pó é colocado em um molde inferior e submetido a pressão exercida por um contramolde superior (figura 19).

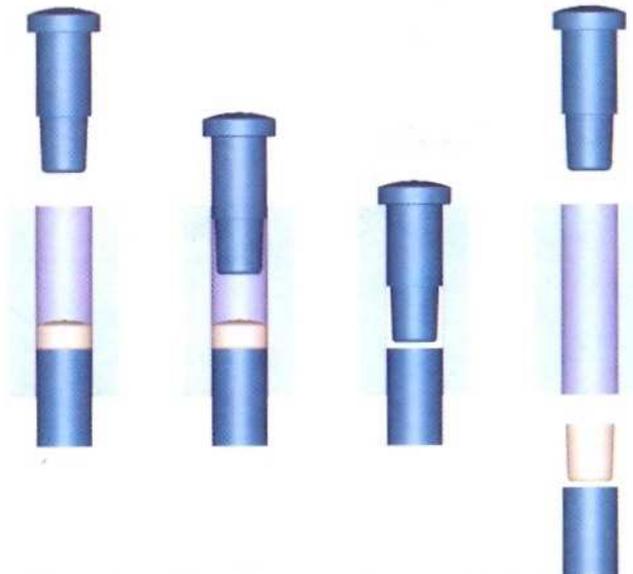


Figura 19 – Prensagem a seco
Fonte: Lima (2006)

A massa plástica pode ser conformada em processos de contramoldagem como torno tipo jaule, torno tipo roller ou prensa unidirecional. O primeiro consiste em um molde em rotação e um contramolde fixo (FERNANDES, 1998).

O tipo roller baseia-se em uma máquina com dois eixos rotativos, um disposto verticalmente e o outro que faz com que este eixo vertical gire em diversos ângulos, podendo oscilar, onde está o contramolde (FERNANDES, *ibid*).

No terceiro tipo citado utilizam-se prensas hidráulicas e os moldes, que são fixados à parte inferior da prensa, são feitos em um tipo de gesso mais resistente. Por cima do molde coloca-se a massa e o contramolde, o qual é baixado com a prensa. Esse molde permite a insuflação de ar, o que causa a secagem do mesmo e do contramolde e, na seqüência, o desprendimento da peça (FERNANDES, *ibid*; LIMA, 2006) (figura 20).

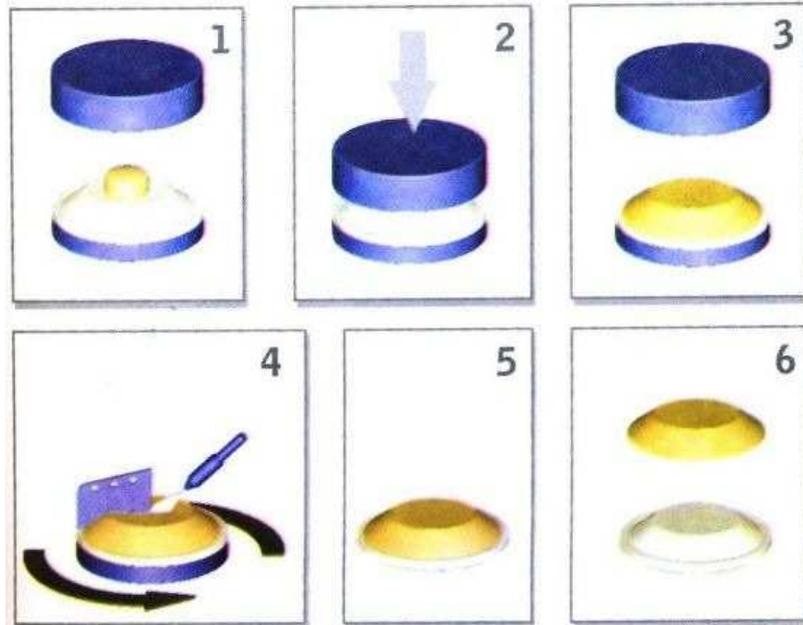


Figura 20 - Seqüência do processo de prensagem da massa plástica
 Fonte: Lima (2006)

O processo de conformação com a massa líquida – denominado colagem, enchimento ou vazamento, dependendo do autor – será descrito com ênfase a seguir, devido a sua importância para a pesquisa.

Esse processo, segundo Pileggi (1958), inicia com a materialização do desenho da peça, em argila ou gesso, por profissionais conhecidos como modelistas. Em seguida, confeccionam-se matrizes (também conhecidas como madres ou pré-moldes) a partir do modelo, com as quais se produzem a quantidade desejada de moldes de gesso.

A imagem a seguir ilustra a continuação desse processo, que consiste em verter a barbotina no molde de gesso (1 e 2), até que a água contida nessa suspensão seja absorvida por esse material (3), explicam a ABCERAM (2010) e Lima (2006). Enquanto isso, as partículas sólidas vão se acomodando na superfície do molde, formando a parede da peça (4). O produto formado apresentará uma configuração externa que reproduz a forma interna do molde de gesso (5) (Figura 21).

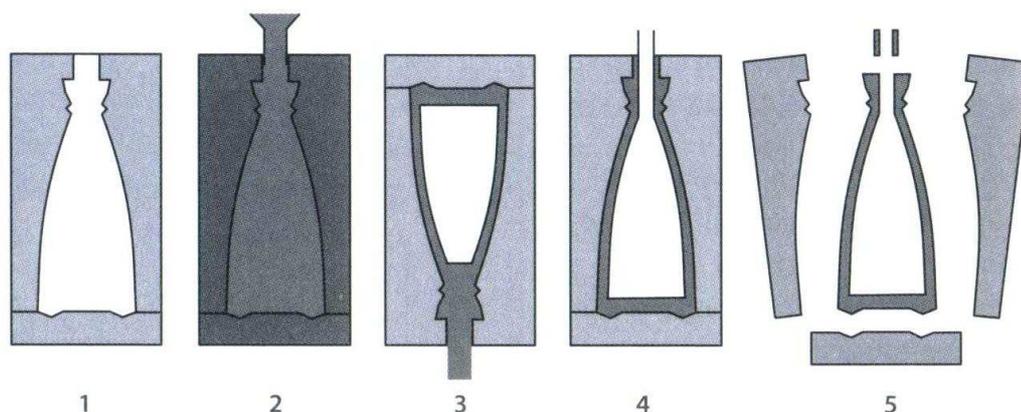


Figura 21 – Seqüência de etapas do processo denominado Colagem
 Fonte: Cuffaro et al (2006)

Sobre o processo, Carvalho, Ecker e Pellanda Jr. (2001) acrescentam que quanto maior o tempo de contato da massa com o gesso, mais espessa será a parede formada na peça final.

Em relação à produção de matrizes, Fernandes (1998) ressalta que são “*determinantes nas possibilidades de desenvolvimento do design*” (p.34).

Apesar de a matéria-prima básica ser barata (gesso, argila), o processo acaba saindo caro pelo fato de ser lento e depender de mão-de-obra especializada escassa.

Isso posto, fica mais clara a proposta deste trabalho de estudar a técnica de modelamento virtual 3D como uma alternativa ao modelamento manual utilizado atualmente, seguido de utilização de maquinário de prototipagem rápida na confecção das matrizes.

A respeito do formato das peças e seus processos de conformação, tem-se a seguinte relação, segundo Lima (2006): as peças ocas são produzidas por colagem de barbotina; as de revolução, por torno; e as planas ou rasas, por prensagem.

Existe ainda um processo denominado extrusão, porém não será detalhado aqui, pois foge do escopo da pesquisa, já que é utilizado na produção de peças em cerâmica vermelha como telhas, tijolos, blocos e tubos.

3) Queima:

O processamento térmico é fundamental na obtenção dos produtos cerâmicos, pois dele dependem o desenvolvimento das propriedades finais destes produtos. Conforme a ABCERAM (2010), esse tratamento compreende as seguintes etapas:

- **Secagem:** Após a etapa de conformação, as peças em geral continuam a conter água, proveniente da preparação da massa. Para evitar tensões e, conseqüentemente, defeitos nas peças, é necessário eliminar essa água, de forma lenta e gradual.
- **Queima:** Após secagem, as peças são submetidas a um tratamento térmico a temperaturas muito elevadas, em grandes fornos industriais específicos para isso.

4) Vidrado/Decoração:

A ABCERAM (2010) coloca que muitos produtos cerâmicos recebem uma camada fina de um material denominado esmalte, vidrado ou glazura, que após a queima adquire o aspecto vítreo. Essa camada contribui para os aspectos estéticos e, no caso das louças de mesa, higiênicos.

Esse material pode ser aplicado na peça em três momentos, segundo descreve Lima (2006): junto com o corpo cerâmico (monoqueima), em uma peça já queimada, em ponto de “biscoito”, e em uma terceira queima, quando aplicado sobre um vidrado de base já cozido.

Quanto às formas de aplicação, Lima (2006) cita com pincel, pistola, esponja, por imersão, dentre outras.

Além do vidrado, muitos produtos ainda são submetidos a uma decoração que pode ser realizada por diversos métodos, como serigrafia, tampografia, dentre outros (LIMA, *ibid*).

2.3 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA LITERATURA

Volpato et al (2007) garantem que “*o Brasil representa um grande mercado potencial para a utilização das tecnologias de RP*”(p.231). Eles explicam que isso se deve ao tamanho, liderança regional, grande número de montadoras e suas empresas de base, expansão de escritórios de design, além de ações estaduais e nacionais para a promoção do design.

Até então, pôde se observar que a inserção da prototipagem rápida no processo de produção de produtos cerâmicos já é utilizada de fato e com sucesso em outros países, mas ainda de modo insipiente no Brasil.

Apoiando-se nas informações apresentadas, estabeleceram-se requisitos a serem seguidos no experimento para demonstrar a viabilidade da técnica proposta. Por exemplo, deveria se desenvolver um conceito de produto (louça de mesa ou adorno) de formas complexas, que demandasse a utilização da prototipagem rápida na etapa de produção de modelo ou molde, e a colagem de barbotina como processo produtivo da peça final.

Logo após, ocorreria a etapa de modelamento em um software CAD 3D com os objetivos de visualizar a peça anteriormente à sua produção, utilizar recursos do programa para análises para facilitar a manufatura (medição de ângulos da peça levando-se em conta a sua extração do molde, por exemplo), e eliminar a etapa de modelamento manual.

Entre o modelamento virtual e a produção por RP, a peça deveria ser submetida a um planejamento de estratégias de produção em um sistema CAM.

Ainda considerando o levantamento bibliográfico, organizou-se um quadro (quadro 5) com uma síntese dos pontos positivos e negativos da adesão da prototipagem rápida no processo de produção de cerâmica por colagem de barbotina, para auxiliar na discussão dos resultados do trabalho.

Quadro 5 - Pontos positivos e negativos percebidos na literatura sobre a inserção da prototipagem rápida na indústria de louça de mesa e adornos

	DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO	VANTAGENS DE USO
Literatura	<ul style="list-style-type: none"> • Alto investimento inicial • “Falta de visão” • Ausência da cultura de inovação 	<ul style="list-style-type: none"> • Amplia as possibilidades de criação nos projetos: <ul style="list-style-type: none"> > peças mais inovadoras > dificulta a cópia > aumento da competitividade • Ajustes rápidos, pois se necessário fazer alterações na peça, isso é feito diretamente no arquivo eletrônico (CAD) • Arquivos eletrônicos otimizam espaço físico de fábrica

Fonte: A autora (2011)

Este levantamento de dificuldades e vantagens também foi realizado em campo e os resultados obtidos são mostrados no capítulo 4.

3 MÉTODO DA PESQUISA

Neste capítulo apresenta-se de forma detalhada o método utilizado neste estudo, o que inclui a caracterização do problema, a seleção e descrição do método, bem como das etapas de trabalho. Ainda são apresentadas informações sobre a seleção da amostra e a delimitação da pesquisa.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O problema de pesquisa abordado neste trabalho trata de demonstrar os benefícios, de forma prática, da utilização da prototipagem rápida como elemento auxiliador no processo de manufatura e inovação estética de louças cerâmicas, tendo como principal foco de aplicação as empresas do APL de Louças de Campo Largo - Paraná.

Observa-se que atualmente essa tecnologia é pouco difundida entre os fabricantes de louça de mesa da região. Isto se apóia no fato de que existe a tradição no que diz respeito ao processo de modelamento das peças, matrizes e moldes, o qual é manual e mecânico. Outro fator limitante, como já foi visto, é o custo desta tecnologia e a necessidade de pessoas devidamente qualificadas para operar os equipamentos.

Conforme já exposto, as empresas do segmento de louças do APL de Campo Largo enfrentam a concorrência de produtos europeus e asiáticos, bem como de utilidades de mesa em vidro e plástico, tomados como substitutos do material cerâmico (FERNANDES et al, 2009). Mesmo diante dessa competição, tais empresas pouco investem em novas estratégias de diferenciação. Para poder se manter no mercado, os mesmos autores aconselham que as empresas nacionais precisam intensificar seus esforços, no sentido da melhoria da qualidade de seus produtos. Para tanto, além do conhecimento tácito, torna-se inexorável a elevação do conteúdo científico e tecnológico dos produtos (IPARDES, 2006).

A escolha da prototipagem rápida está vinculada ao fato dessa tecnologia facilitar a fabricação de peças (modelos ou matrizes) de complexidade formal elevada, as quais dificilmente seriam produzidas manualmente (SAURA, 2003; SILVA, MADEIRA e KISTMANN, 2008).

Partindo da premissa de que a inserção da prototipagem rápida no processo de produção de louças de mesa pode contribuir na geração de ações estratégicas em termos de design e processos de manufatura, contribuindo para a inovação estética e a competitividade desses produtos, iniciou-se esta pesquisa, cujo detalhamento metodológico é apresentado a seguir.

3.2 SELEÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa é de caráter teórico-analítico e prático, pois parte de uma revisão bibliográfica inicial, seguida de uma pesquisa de campo (entrevistas) e da realização de um experimento prático. Ao longo deste caminho, a contribuição da literatura é confrontada com as informações levantadas nas entrevistas, bem como os dados obtidos em laboratório através do experimento prático.

O referencial teórico está apoiado em dois eixos principais: Prototipagem Rápida e Design Cerâmico. Em seguida foi realizada uma pesquisa de campo, utilizando-se roteiros de entrevistas. Ambos tiveram o mesmo objetivo de identificar os problemas que impedem a inserção da prototipagem rápida no APL de Louças de Campo Largo-PR, bem como constatar as vantagens da utilização dessa tecnologia aplicada à produção de louça de mesa e adornos.

Com base nas informações obtidas, realizou-se uma análise preliminar que resultou em uma lista de requisitos que nortearam a execução do experimento laboratorial. Os resultados foram analisados, em relação à literatura pesquisada, e discutidos. A partir disso, foram feitas recomendações para facilitar a inserção do processo de prototipagem rápida na produção de louça de mesa no APL de Campo Largo-PR (figura 22).

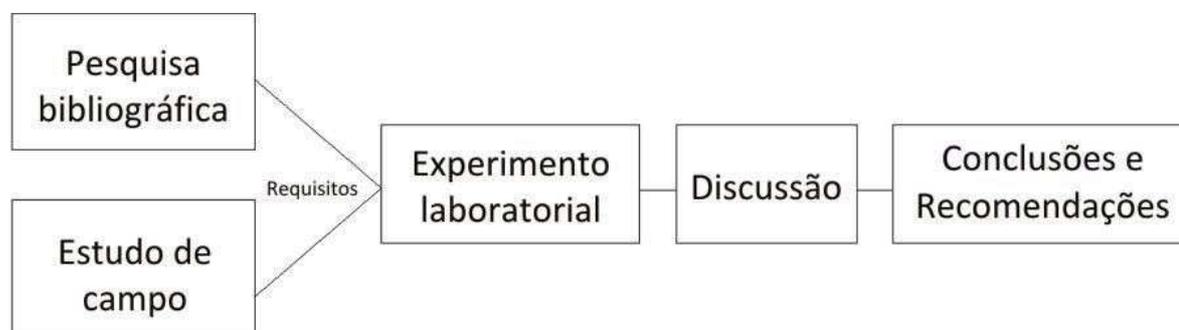


Figura 22 - Estrutura geral da pesquisa
Fonte: A autora (2011)

Dessa forma, o trabalho se constitui em uma pesquisa aplicada, porque se tem o interesse de que os resultados sejam utilizados na solução de problemas que ocorrem na realidade. A pesquisa aplicada, segundo Gil (2009, p. 27), tem como preocupação o desenvolvimento de teorias para a “*aplicação imediata numa realidade circunstancial*”, diferentemente da pura que busca teorias de valor universal.

O experimento em laboratório executado neste trabalho possui uma abordagem qualitativa do problema, visando demonstrar algumas das vantagens e possibilidades da prototipagem rápida aplicada no contexto de louças de cerâmica.

Sobre o método experimental, Gil (2008) afirma que consiste em submeter os objetos de estudo à influência de variáveis, em condições controladas e conhecidas pelo investigador. De acordo com Lakatos e Marconi (2002), a execução de experimentos deve considerar fatores como: grupo de controle, seleção rigorosa da amostra e manipulação de variáveis independentes para controlar os fatores pertinentes. Podem ser desenvolvidos “em campo” ou em laboratório com controle rigoroso. Neste caso optou-se pela realização laboratorial, no qual os seguintes pré-requisitos foram observados:

- Manipulação: o pesquisador manipula pelo menos uma das características do objeto.
- Controle: o pesquisador introduz um ou mais grupos de controle na situação experimental.
- Distribuição aleatória: a escolha dos elementos deve ser feita de forma aleatória.

Sobre o procedimento da pesquisa experimental, a pesquisadora utilizou técnicas, materiais e instrumentos que o auxiliaram na percepção das relações entre as variáveis. Neste caso foi utilizada a técnica de prototipagem rápida por subtração de material (usinagem CNC) para a produção dos objetos de estudo; bloco de MDF no qual se usinou a matriz; e gesso para a confecção do molde, a partir da matriz usinada, o qual deu origem às peças finais em grés.

Depois de coletados os dados, os mesmos foram avaliados e, posteriormente, discutidos.

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

A pesquisa foi dividida em 3 fases (Preparação, Experimentação e Finalização), as quais desdobraram-se nas seguintes etapas: revisão da literatura, estudo de campo, pré-análise, planejamento do experimento, execução do experimento, análise e discussão dos resultados, e conclusão. As mesmas encontram-se descritas a seguir e detalhadas no quadro 6, tendo em vista o objetivo e as técnicas utilizadas em cada uma.

Quadro 6 - Etapas da pesquisa e seus respectivos objetivos e técnicas utilizadas

	Revisão da literatura	Estudo de campo	Pré-análise	Planejamento do experimento	Execução do experimento	Análise e Discussão	Conclusões e Sugestões
OBJETIVOS	- Evidenciação das vantagens da utilização da prototipagem rápida aplicada à produção de louça de mesa - Identificação dos problemas que impedem a inserção da RP no processo tradicional de conformação de peças cerâmicas por colagem		Definição dos requisitos do experimento	Desenvolvimento de um conceito de produto cerâmico; Modelamento 3D virtual desse produto e de sua matriz; e Planejamento da usinagem	Confecção da matriz do conceito desenvolvido por RP e produção de peças cerâmicas a partir da mesma	Discussão dos resultados confrontando com as informações obtidas na literatura e em campo	Concluir quais parâmetros podem facilitar a incorporação da prototipagem rápida na produção de louça de mesa e adornos
TÉCNICAS	Pesquisa bibliográfica	Entrevista a empresa, designer e modelista	-	Modelagem do produto no CAD e planejamento da usinagem no CAM	Usinagem CNC da matriz, modelagem manual dos moldes e conformação das peças por colagem de barbotina	-	-
	Preparação			Demonstração		Contribuição	

Fonte: A autora (2011)

3.3.1 Revisão da Literatura

Esta etapa teve como objetivo evidenciar as vantagens da utilização da prototipagem rápida aplicada à produção de louça de mesa, bem como as dificuldades impostas pelo APL em relação a adoção dessa tecnologia.

A coleta de dados foi feita mediante pesquisa bibliográfica, cujas principais referências foram:

a) relacionadas ao processo produtivo denominado Prototipagem Rápida, bem como o sistema CAD/CAM: Volpato et al (2007); Selhorst Jr. (2008); Lino e Neto (2010); Saura; Gorni (2001); Palm (2011); Cuffaro (2006); Thompson (2007); Amaral et al (2006); Holaria (2010); Hotza (2009); Pereira (2009); Pham e Gault (1998); Silva, Madeira e Kistmann (2008).

b) relacionadas ao APL de louças de Campo Largo – PR, bem como os matérias e processos utilizados por essas indústrias: Fernandes (1998 e 2009); Fernandes e Kistmann (2009); Bueno (2008); Carvalho, Ecker e Pellanda Jr (2001); Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES, 2006); Associação Brasileira de Cerâmica (ABCERAM, 2010); Lima (2006); Pileggi (1958).

Apresentou-se esta etapa no Capítulo 2 desta dissertação.

3.3.2 Estudo de Campo

A pesquisa de campo teve os mesmos objetivos que a revisão da literatura, no entanto a técnica de coleta de dados utilizada foi a elaboração de roteiros de entrevistas aplicados a três diferentes profissionais do setor em questão: um designer de uma empresa participante do APL, um designer especialista em desenvolvimento de peças cerâmica e um modelista.

O resultado desta etapa encontra-se apresentado no Capítulo 4 desta dissertação.

3.3.3 Pré-Análise

Com base nos dados coletados na literatura, nas entrevistas e em relatos informais, estipularam-se requisitos a serem seguidos no experimento, a fim de reproduzir uma situação real nesse procedimento. Na seqüência, estabeleceram-se ações necessárias para atingi-los durante o processo laboratorial.

A lista de requisitos estabelecidos é apresentada no início do Capítulo 5.

3.3.4 Planejamento do Experimento

Esta etapa baseou-se no desenvolvimento de um conceito de louça de mesa que serviu como objeto de estudo para o experimento. Após a geração de conceitos, as alternativas foram modeladas no CAD 3D, bem como a matriz da opção final. Em seguida utilizou-se o CAM para fazer o planejamento da usinagem dessa peça.

Esta etapa faz parte do Capítulo 5.

3.3.5 Execução do Experimento

No experimento fabricou-se a matriz por prototipagem rápida, a partir de um bloco em MDF⁶. Na seqüência, produziu-se o molde em gesso e peças em cerâmica a partir do mesmo. Procedeu-se, então, ao vidroado e a queima.

Este processo encontra-se descrito no Capítulo 5.

⁶ *Medium-density fiberboard* (Placa de fibra de madeira de média densidade)

3.3.6 Análise e Discussão dos Resultados

Nesta penúltima parte do trabalho (Capítulo 6) discutiram-se os resultados obtidos confrontando-os com o que foi colocado pelos autores citados e profissionais entrevistados

As variáveis analisadas foram as seguintes:

- Independentes:
 - Massa cerâmica branca
 - Processo de conformação das peças finais por Colagem de barbotina
 - Processo produtivo de louça de mesa utilizando a RP para a produção das matrizes
- Dependentes:
 - Peça de geometria complexa e/ou bissociativa
- De controle:
 - Custo

3.3.7 Conclusões e Sugestões

Neste sétimo capítulo apresentam-se os resultados da pesquisa com base na pergunta e objetivos, além da proposta de parâmetros necessários para a incorporação da prototipagem.

3.4 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DA AMOSTRA

O produto gerado ao longo da etapa experimental do trabalho foi desenvolvido especificamente para demonstrar a viabilidade da técnica estudada. Optou-se por criar um novo produto, ao invés de utilizar algum já existente, pois se desejava seguir todas as etapas do processo, desde o desenvolvimento à manufatura, a fim de demonstrar a factibilidade do procedimento.

Com o intuito de se avaliar o resultado das variáveis estabelecidas tal peça teve como requisito principal para o seu desenvolvimento possuir geometria complexa e/ou bissociativa, além de ser passível de ser produzida por colagem de barbotina.

O material especificado para a fabricação da matriz foi selecionado tendo como base os seguintes critérios:

- Resistência mecânica: a fim de prolongar a vida útil da peça.
- Usinabilidade: por motivos de boa utilização do maquinário. Materiais de baixa usinabilidade estão sujeitos a danificar ferramentas e maquinário. A cera, por

exemplo, funde-se ao entrar em contato com as ferramentas que se aquecem durante o funcionamento da máquina.

- Homogeneidade: para evitar etapas de pós-processamento.
- Custo: em razão de diminuir ao máximo os custos do processo.

3.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa desenvolvida apresenta as principais delimitações:

- Quanto aos aspectos do processo produtivo, a pesquisa limitou-se à produção de uma matriz através do processo de prototipagem rápida (neste caso, usinagem CNC), a confecção de moldes de gesso manualmente e a conformação das peças finais por colagem de barbotina.
- Quanto ao setor produtivo, ela limita-se ao estudo do setor cerâmico, mais precisamente do segmento de louça de mesa e adornos em cerâmica branca.
- Como delimitação geográfica, tem-se o município de Campo Largo, Região Metropolitana de Curitiba, no qual se localiza o APL de Louças.

4 ESTUDO DE CAMPO

Neste capítulo encontra-se uma síntese do relato de três importantes fontes que contribuíram para um maior embasamento da pesquisa. Os depoimentos foram obtidos por meio de entrevistas semi-estruturadas.

4.1 ESTRUTURAÇÃO E PROCEDIMENTO DE ENTREVISTA

Conforme Marconi e Lakatos (2002) a pesquisa de campo é aquela com o propósito de conseguir informações acerca de um problema para o qual se procura uma resposta, ou, ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles.

Sua importância está na obtenção de documentação direta, ao se levantar dados no próprio local onde os fatos ocorrem.

Com o intuito de investigar em campo as vantagens e desvantagens do ponto de vista de profissionais que conhecem e/ou utilizam a RP aplicada ao processo de produção de louça de mesa e adornos cerâmicos, aplicaram-se roteiros de entrevista a três profissionais: ao responsável pelo departamento de design de uma empresa produtora de louça de mesa e adornos, localizada no município de Campo Largo, Paraná; a um designer especialista no desenvolvimento de produtos cerâmicos; e a um modelista profissional que já trabalhou em diversas indústrias cerâmicas e, atualmente, possui seu próprio ateliê. Além disso, também se buscou averiguar sobre dificuldades de produção e os impactos de uma peça de complexidade formal na manufatura.

Para tanto, elaboraram-se três diferentes roteiros de entrevista, focando as necessidades de investigação de fatos relacionados à atuação de cada um (Apêndices A, B e C). Esses roteiros eram do tipo não estruturados, segundo classificação de Marconi e Lakatos (2002), pois continham perguntas abertas, podendo ser respondidas dentro de uma conversação informal.

As entrevistas à empresa e ao designer especialista em cerâmicos foram respondidas via e-mail, em razão do pouco tempo disponível que ambos dispunham. Já a aplicada ao modelista aconteceu de forma presencial.

4.2 ENTREVISTA AO DESIGNER DE UMA EMPRESA PRODUTORA DE LOUÇAS DE MESA E ADORNOS DE CAMPO LARGO –PR

Localizada em Campo Largo-PR, a empresa entrevistada possui quase três décadas de experiência na produção de louça de mesa e adornos em porcelana, que hoje são comercializados mundialmente. O profissional que representou a empresa na entrevista possui

formação na área de Design de Produto (graduação) e Engenharia da Produção (pós-graduação), e é o responsável pelo departamento de design da mesma.

O entrevistado afirmou que as atuais técnicas de modelamento de peças utilizadas na empresa são a modelagem manual e usinagem por comando CNC. Quanto aos materiais, ele alega que se utiliza gesso e resinas para a modelagem manual e poliuretano de alta densidade para a usinagem.

Sobre os responsáveis na empresa pelas etapas de fabricação de uma peça pelo método de Colagem (*slipcasting*), citou-se o Setor de Produto como responsável pela criação, modelagem do modelo e confecção do molde piloto, e o Setor de Gesso e Modelagem como os executores da matriz e moldes finais de produção. A etapa de conformação das peças é realizada pelo setor de Colagem.

Quando questionado sobre o motivo que levou a empresa a investir na prototipagem rápida, o entrevistado mencionou a necessidade de agilidade no processo e de não depender da habilidade manual do modelista.

Acrescentou-se ainda que os benefícios oferecidos por esse processo já eram de conhecimento dos profissionais que integram o setor de produto da empresa, em função de suas formações acadêmicas (designers e engenheiros).

Dentre as vantagens obtidas com o emprego da prototipagem rápida, o entrevistado citou fidelidade que o modelo apresenta em relação ao projeto desenvolvido pelo setor de produto, garantia de geometria da peça, possibilidade de modelagem de formas complexas, agilidade no processo e a garantia de manutenção da forma original.

Embora os benefícios apresentados fossem muitos, relatou-se que, no início, a resistência relativa à adesão à nova tecnologia na empresa, foi de ordem financeira. Contudo, após a implementação da mesma, notaram-se melhorias significativas, como a redução do *time to market* e o aumento da qualidade final dos produtos, afirmou o entrevistado.

Atualmente, a empresa terceiriza esse tipo de serviço, o qual se baseia na usinagem CNC de placas de poliuretano de alta densidade. Segundo relatou o entrevistado, verificou-se que a utilização da prototipagem rápida na fabricação das matrizes é a mais eficiente. O profissional ainda acrescentou que para modelos primários ou não definitivos o processo se torna muito caro e inviabiliza a utilização.

A entrevista é apresentada, em detalhes, no Apêndice A.

4.3 ENTREVISTA A UM DESIGNER ESPECIALISTA EM CERÂMICA

O especialista entrevistado trabalha com design desde 1997. Tem prática na elaboração e desenvolvimento de produtos, principalmente na área de cerâmicos (há seis anos), já tendo recebido importantes prêmios nacionais e internacionais pelos mesmos.

Segundo informações cedidas por esse profissional, a maioria das empresas utiliza técnicas tradicionais de modelamento de peças cerâmicas, no Brasil. Ele ainda acrescenta que, ao contrário das fábricas mais antigas da Europa, que *“já utilizam o auxílio do computador há um bom tempo”*, poucas empresas nacionais usam técnicas mais modernas.

Quanto aos materiais empregados no processo atual, ele afirma que para a confecção manual do modelo usa-se argila ou gesso. Para a matriz, é feita uma mistura de gesso e cimento, com o objetivo de deixar essa peça mais rígida e, conseqüentemente, mais resistente.

O especialista relatou que a escolha do processo e dos materiais utilizado por ele muito depende da geometria da peça que será realizada e a sua finalidade (uso simples, comercial, teste, etc). Se o modelo não apresentar formas complexas, opta-se por confeccioná-lo manualmente. Caso contrário, o especialista disse utilizar a usinagem para reproduzir a matriz desenhada em um software de modelamento 3D, para depois tirar o molde de gesso a partir dessa peça. Ele ainda relata que, para poucas peças, geralmente, não se fabrica a matriz, somente um molde de gesso.

Quando questionado sobre os motivos que o levam a selecionar os materiais e processos de produção, o designer citou cinco variáveis, enfatizando que a ordem de importância é determinada pelo cliente: preço, tempo, finalidade da peça, quantidade de reprodução e qualidade final da peça.

Sobre a percepção dos benefícios proporcionados pela prototipagem rápida, o especialista informou que ocorreu apenas quando utilizou a técnica e concluiu por si próprio. Dentre elas, ele citou maior velocidade no lançamento de uma peça no mercado, em função de se poder partir diretamente do pré-molde; capacidade de ajuste dos modelos diretamente no molde; melhoras na qualidade final do produto, do ponto de vista técnico, pois a tecnologia não substitui o bom design; e dependendo do caso, melhora a qualidade dos encaixes no molde de gesso e na determinação das partições do molde. Em contrapartida, o designer mencionou que o alto custo, em comparação à técnica tradicional, é uma barreira para a implementação da técnica. Quando questionado sobre a possibilidade dessa tecnologia proporcionar um aumento dos lucros de uma empresa, ele mencionou que esse fator não pode ser atribuído ao processo

da empresa. Ele afirma que o lucro está mais ligado ao produto certo para necessidade demandada.

O profissional informou que costuma utilizar a prototipagem rápida tanto na produção de modelos, como nas matrizes, dependendo do projeto. Sobre as limitações materiais do uso da técnica, o designer citou a posse do equipamento justificando que o equipamento ainda é considerado caro para as indústrias cerâmicas. Além disso, ele acrescentou que, em termos imateriais, a limitação está na criatividade do projetista.

No Apêndice B, apresenta-se a entrevista em detalhes.

4.4 ENTREVISTA A UM MODELISTA DE PEÇAS CERÂMICAS

Apesar de hoje possuir o seu próprio ateliê, onde fabrica pequenos lotes de peças cerâmicas, o modelista entrevistado trabalhou durante anos em indústrias cerâmicas na Europa e na América do Sul. Durante esse período, trabalhou como designer, modelista e produtor de moldes, adquirindo, dessa forma, conhecimento do processo como um todo.

Atualmente, a técnica utilizada por ele consiste em esculpir as peças originais (modelos) em gesso, utilizando torno e ferramentas manuais.

Na entrevista buscou-se averiguar, primeiramente, quais as principais características formais de uma peça que dificultam a sua produção manual. Quanto a isso, o profissional mencionou atributos como a quantidade de cavidades que a peça possui; diferença de alturas das paredes; presença de texturas, e a quantidade de partes de molde necessárias para a reprodução do produto. Sobre este último, o modelista citou o exemplo de um projeto de uma chaleira, que demandou o uso de onze partes de moldes para a sua reprodução, além dos moldes da tampa.

Em seguida, questionou-se sobre o tempo estimado para se modelar uma peça (considerando louça de mesa e objetos de adorno apenas) de maior complexidade formal. O profissional respondeu que pode levar até uma semana para completar a produção manual de uma peça de maior complexidade, porém ressaltou que isso depende muito das habilidades manuais de cada um.

Em relação à produção de moldes, o modelista ainda discursou sobre a importância de projetá-los paralelamente ao produto. Deve-se prever que os moldes devem facilitar ao máximo a produção das peças, reduzindo, assim, o risco de perda de material e tempo.

Como já mencionado, o modelista não mais atua em indústrias de grande porte, por isso não tem informações sobre o processo de desenho de peças e projeto de moldes nas indústrias cerâmicas brasileiras. No entanto, observou que no tempo em que trabalhou em

indústrias de outros países, esse trabalho, normalmente, ficava a cargo de uma equipe com profissionais de diversas formações como designers, técnicos, modelistas e escultores. O ceramista ainda quis acrescentar em seu depoimento que nesse processo a interdisciplinaridade é necessária.

Quanto a sua opinião sobre a inserção da prototipagem rápida no processo de produção de matrizes para colagem de barbotina, o modelista aponta a diminuição do tempo entre modelamento e produção da matriz, a eficiência do maquinário e do software em termos de precisão e recursos variado, como vantagens. Já o alto custo do maquinário é considerado uma desvantagem pelo mesmo. Ele ainda justifica que não compensa adquirir uma máquina de custo elevado para ser utilizada entre uma e duas vezes ao ano, nos lançamentos de coleções. O profissional dá a sugestão de terceirizar o serviço.

Esta entrevista encontra-se transcrita no Apêndice C.

4.5 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO ESTUDO DE CAMPO

Como visto na literatura, a pesquisa de campo permitiu a confirmação de que a técnica da prototipagem rápida inserida na produção de peças cerâmicas oferece diversas vantagens para o processo de design, manufatura e inovação. Contudo, ainda são identificadas alguns obstáculos que dificultam a sua implementação.

Tendo como base os dados coletados, apresenta-se no quadro 7 uma síntese dos pontos positivos e negativos da aplicação da prototipagem rápida sob o ponto de vista da empresa, do designer e do modelista.

Quadro 7 - Pontos positivos e negativos sobre a inserção da prototipagem rápida na indústria de louça de mesa e adornos, segundo os entrevistados

	DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO	VANTAGENS DE USO
Empresa	<ul style="list-style-type: none"> • Alto investimento inicial 	<ul style="list-style-type: none"> • Agilidade do processo • Independência em relação à habilidade manual do modelista • Fidelidade que o modelo apresenta em relação ao projeto desenvolvido pelo setor de produto • Garantia de geometria da peça • Possibilidade de modelagem de formas complexas • Garantia de manutenção da forma original • Redução do <i>time to market</i> • Aumento da qualidade final dos produtos
Designer	<ul style="list-style-type: none"> • Tradição do processo já utilizado • Pouco investimento do setor em técnicas mais modernas • Alto custo, em comparação à técnica tradicional 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do <i>time to market</i> (em função de se poder partir diretamente do pré-molde) • Capacidade de ajuste dos modelos diretamente no molde • Aumento da qualidade final dos produtos (do ponto de vista técnico, pois “a tecnologia não substitui o bom design”) • Melhora a qualidade dos encaixes no molde de gesso e na determinação das partições do molde, em alguns casos.
Modelista	<ul style="list-style-type: none"> • Alto investimento inicial 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição do tempo de modelagem • Precisão do maquinário • Recursos do CAD

Fonte: A autora (2011)

5 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Esta seção apresenta a descrição do procedimento utilizado na execução do experimento laboratorial, cujo método foi explicado no terceiro capítulo. As considerações sobre os resultados são apresentadas ao final.

5.1 ESQUEMA DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento apresentado neste capítulo visa demonstrar a aplicação da integração CAD-CAM e de uma das técnicas de prototipagem rápida no processo de design e fabricação de uma peça cerâmica de geometria complexa.

Conforme exposto no capítulo três, o experimento foi realizado seguindo as etapas apresentadas no fluxograma da figura 23:



Figura 23- Etapas do experimento
Fonte: A autora (2011)

5.2 REQUISITOS DO EXPERIMENTO

Com base nos dados coletados na literatura, nas entrevistas e em relatos informais, estipularam-se requisitos a serem seguidos no experimento, a fim de reproduzir uma situação real no experimento laboratorial. Na seqüência, estabeleceram-se ações necessárias para atingi-los durante o procedimento laboratorial (quadro 8).

Quadro 8 – Requisitos estabelecidos e as ações adotadas para alcançá-los na pesquisa

		REQUISITOS	AÇÕES
		ETAPAS	Conceituação e Modelamento no CAD
Peça de geometria complexa	Desenhos assimétricos e/ou com texturas; bissociação		
Formas que permitam a extração da peça do molde (ângulos internos >90°)	Análise prévia dos ângulos de saída da peça		
Uso de software apropriado para o modelamento virtual 3D	<i>SolidWorks</i>		
Integração CAD-CAM	Extensão de arquivos compatíveis com diversas versões do software 3D, para facilitar a portabilidade dos mesmos		Uso da extensão STEP(S tandard for T he E xchange of P roduct Model Data)
	Estratégias de fabricação visando o uso de fresas disponíveis no laboratório		Divisão da peça usinada em duas partes para utilizar a fresa de maior altura disponível
	Uso de software apropriado para o planejamento da usinagem		<i>Edgecam</i>
Prototipagem Rápida	Maquinário disponível do Laboratório da UFPR		Usinagem CNC (processo subtrativo)
	Uso de material usinável e de baixo custo		MDF
	Estratégias de desbaste manual visando a otimização do processo de fresamento CNC		Uso do torno mecânico para desbaste inicial
Fabricação do Molde de Gesso	Uso de desmoldante e gesso poroso próprio para o processo de Colagem		Uso de vaselina do tipo industrial e gesso do tipo comum
Conformação e queima das peças	Uso de massa cerâmica branca adequada ao forno disponível		Massa do tipo grés queimada a 1200°C

Fonte: A autora (2011)

É importante ressaltar que algumas das ações foram estabelecidas levando-se em conta as condições de trabalho disponíveis para a execução do experimento, a exemplo da massa cerâmica, o tipo de processo de prototipagem rápida e o material da matriz.

Os materiais e processos utilizados em cada etapa, além das justificativas das tomadas de decisão pelas ações estipuladas, encontram-se descritos a seguir.

5.3 PROJETO CONCEITUAL

O processo do projeto conceitual, segundo Baxter (2000), acontece nas seguintes etapas: análise e definição do problema, geração e seleção de idéias. Tendo concluído a primeira tarefa, partiu-se para a geração de alternativas, apoiando-se em uma técnica de auxílio à criatividade proposta por esse autor, que consiste na elaboração de um painel imagético. Neste caso, o tema abordado foi a complexidade formal (Apêndice D).

Como já mencionado no capítulo 1, entende-se por geometria complexa a presença de um ou mais elementos físicos (detalhes, camadas, ângulos variados, cavidades, texturas) em uma peça, os quais dificultam sua produção de forma manual e demandam um projeto de molde mais elaborado.

As imagens apresentadas nesse painel nortearam o processo de criação, dando origem a desenhos de produtos. A Figura 24 exibe algumas das alternativas de conceitos de produtos gerados. As alternativas foram selecionadas tendo como base os requisitos apresentados no quadro anterior.

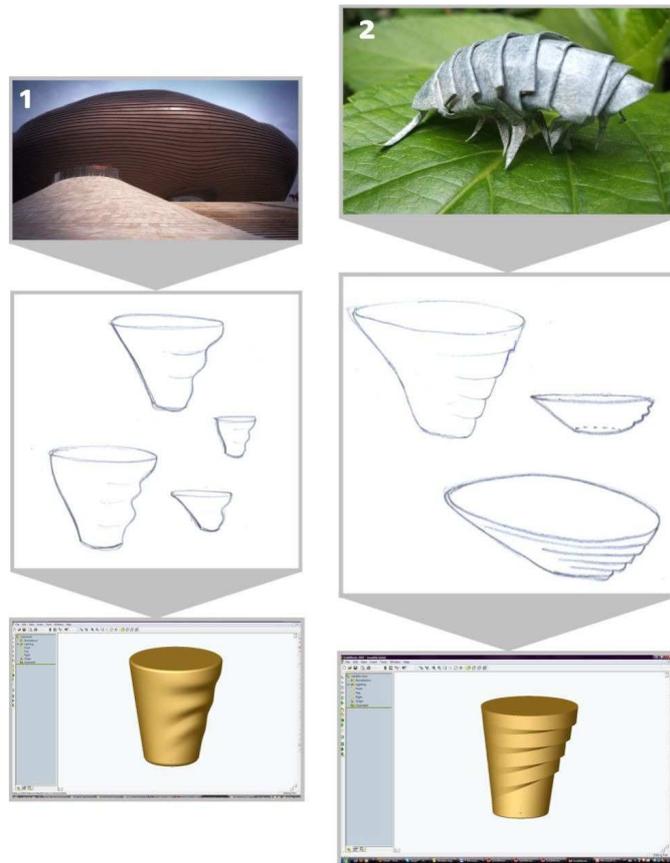


Figura 24 – Processo criativo das duas principais alternativas geradas
 Fonte: A autora (2011)

Observa-se que os conceitos de produtos desenvolvidos partiram da premissa que deveriam ser produzidos por meio da técnica de Colagem, já descrita no capítulo dois, e por isso as alternativas variavam entre copos, travessas e vasos.

Outra premissa utilizada foi a aplicação do conceito de bissociação, também explanado no capítulo dois, a fim de alcançar o equilíbrio entre o complexo e o simples, o inusitado e o tradicional (figura 25).

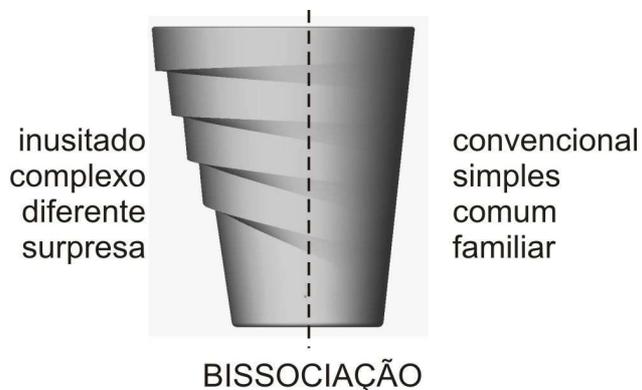


Figura 25 – Equilíbrio entre o simples e o complexo
 Fonte: A autora (2011)

5.4 PROJETO CAD 3D

Conforme já exposto, a etapa seguinte consistiu em modelar as peças virtualmente, utilizando, para isso, um software de modelamento 3D denominado SolidWorks. É o sistema CAD 3D mais utilizado no mundo, segundo informações do site da distribuidora autorizada no Brasil, a SKA, sendo largamente utilizado tanto por engenheiros, como por designers. Apresenta uma ampla gama de soluções, como modelamento 2D e 3D; execução de projetos mecânicos; e renderização fotorrealística (SKA, 2011).

Em primeiro lugar foram modeladas as duas peças criadas para a pesquisa e, em uma segunda triagem, optou-se por seguir o processo com a alternativa de número 2, por considerá-la mais atrativa, além de mais adequada ao requisito de complexidade formal (figuras 26 e 27).

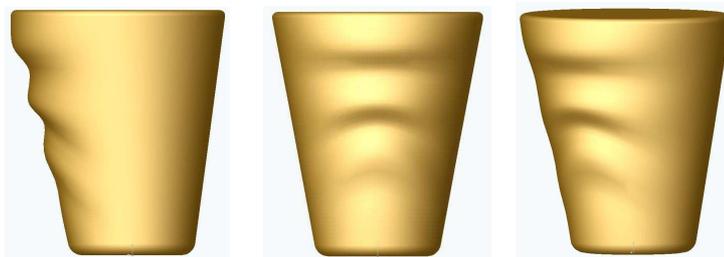


Figura 26– Modelamento virtual da alternativa 1
Fonte: A autora (2011)

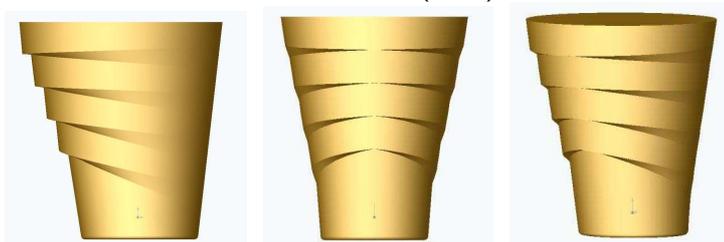


Figura 27 – Modelamento virtual da alternativa 2
Fonte: A autora (2011)

Em seguida, iniciou-se o projeto da matriz do produto. Para tanto, deve-se considerar que o número de matrizes de um produto é proporcional ao número de peças de molde para produzir um produto, pois cada parte da matriz dará origem a uma parte de molde. No caso de um molde tripartido, seria necessário projetar e fabricar três matrizes. Para este experimento, chegou-se a conclusão, juntamente com o designer especialista entrevistado, que esse produto poderia ser reproduzido com um único molde de gesso e, por isso, projetou-se e modelou-se apenas uma matriz (figura 28).

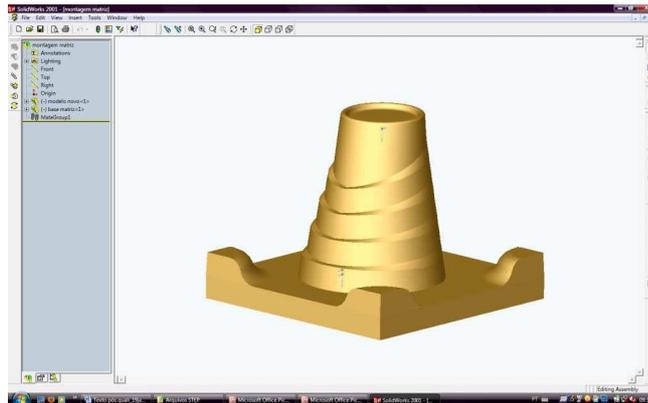


Figura 28 – Modelamento virtual da matriz
 Fonte: A autora (2011)

Neste momento, também se concluiu uma das ações propostas que consistia em analisar os ângulos de saída do objeto de estudo, já prevendo a construção do molde. Para tanto, mediram-se os ângulos internos da peça – os quais deveriam ser superiores a 90° – utilizando a ferramenta de dimensionamento oferecida pelo software (figura 29).

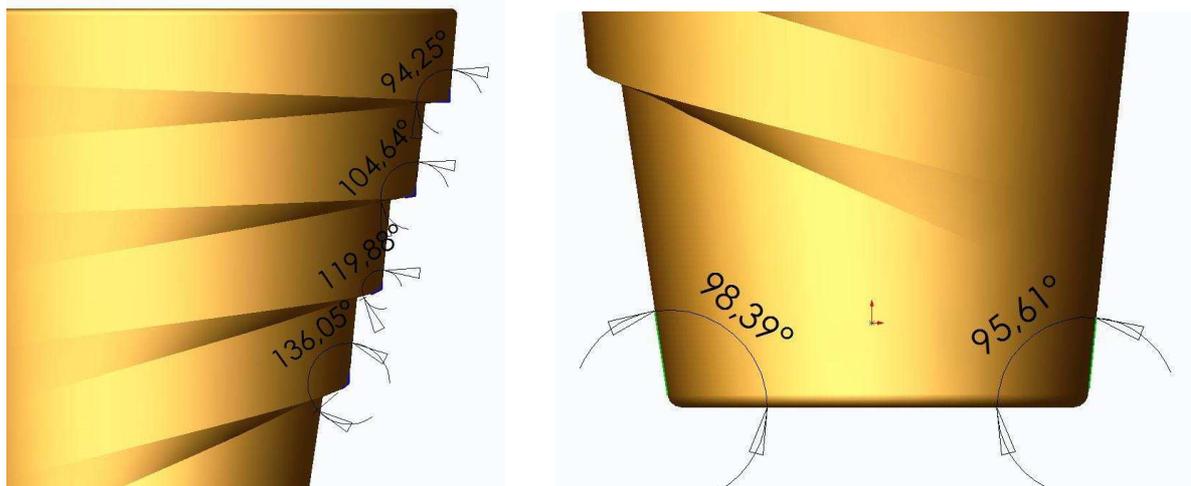


Figura 29 – Medida dos ângulos internos da peça
 Fonte: A autora (2011)

Como foram utilizadas três versões diferentes do mesmo software (2001, 2007 e 2010), os arquivos foram gravados no padrão STEP, mencionado no capítulo 2, por este ser compatível com todas as versões, não prejudicando, dessa forma, o desenvolvimento desta atividade.

Outro recurso oferecido pelo programa é a renderização virtual do produto para maior apreciação visual. Essa solução permite simular a aplicação de uma ampla gama de matérias-primas, cores e acabamento ao produto, facilitando, assim, a visualização do produto final real (figura 30).



Figura 30 – Renderings do produto
Fonte: A autora (2012)

5.5 INTEGRAÇÃO CAD/CAM

Nesta etapa, utilizou-se o software Edgecam, com o objetivo de planejar a usinagem da matriz.

De acordo com a SKA (mesma distribuidora do Edgecam no país), o software apresenta uma interface intuitiva fácil de usar. O Edgecam tem a capacidade de simular graficamente toda a usinagem, reduzindo drasticamente possibilidades de danos à máquina, peça e ferramentas (SKA, 2011). Dentre os benefícios proporcionados, a empresa cita que o software suporta desde usinagens simples até 5 eixos simultâneos e superfícies complexas.

O planejamento do experimento no software consistiu no estabelecimento de estratégias de desbaste, fresamento (perfilamento) e acabamento da peça, por meio de simulações dessas ações proporcionadas pelo software. Após definir a estratégia mais eficiente e as ferramentas mais adequadas, o software gera o programa dos comandos numéricos que são lidos pelo centro de usinagem para, assim, fabricar a peça. Essa atividade foi realizada com o

auxílio do Coordenador do Laboratório de Usinagem do Departamento da Engenharia Mecânica da UFPR, localizado no campus Politécnico. Utilizou-se esse programa por ele já ser conhecido e empregado no laboratório.

Nesta etapa viu-se que existia uma limitação de ferramentas. As fresas disponíveis no laboratório possuíam altura inferior (68mm, a mais alta) à altura do copo (105mm) e, por isso, a matriz não poderia ser feita em um único bloco.

A figura 31 corresponde às simulações iniciais de estratégias de acabamento da matriz, momento em que se percebeu a limitação. A região em vermelho demonstra o momento em que a fresa se chocaria com material.

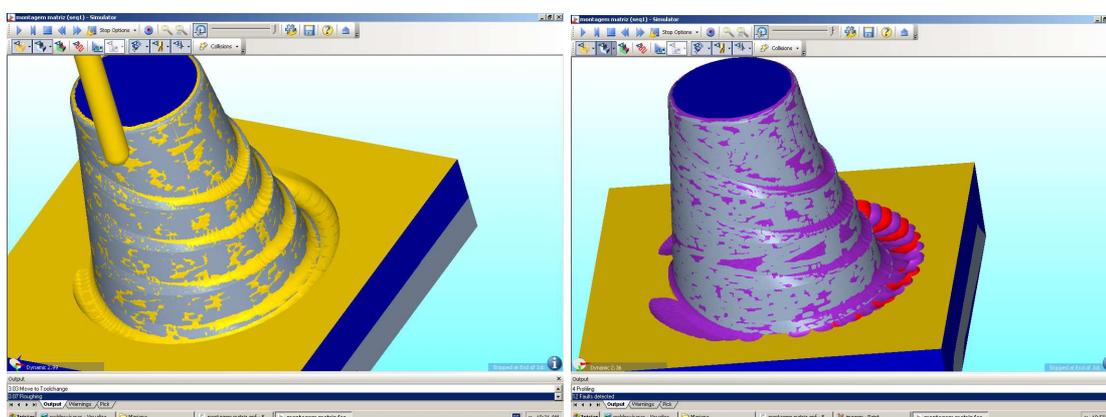


Figura 31 – Simulações iniciais de estratégias de fresamento da peça
Fonte: A autora (2011)

Decidiu-se, então, dividir a peça em duas partes, horizontalmente, permitindo que as fresas do laboratório alcançassem a altura total de cada parte. Seguindo esse plano, após a usinagem de cada uma, as partes deveriam ser coladas, antes de receberem o acabamento final da superfície.

Contudo, para garantir que as peças ficassem centralizadas no momento da colagem, optou-se por acrescentar dois furos (o suficiente para centralizar uma peça na outra) na parte superior e dois pinos na parte inferior, a fim de guiar a união das duas.

Cabe ressaltar que o uso do CAD não só agilizou o processo de divisão da peça e acréscimo dos furos e pinos, mas também garantiu a precisão dessas ações.

A figura a seguir mostra o resultado da divisão da matriz em dois novos arquivos que, conseqüentemente, demandaram dois planejamentos de estratégias de desbaste e acabamento (figura 32).

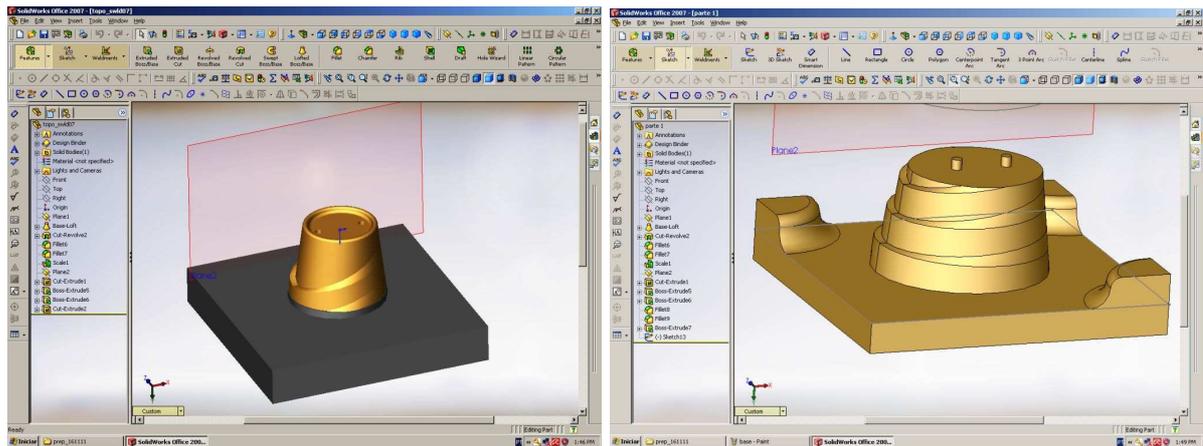


Figura 32- Arquivos da matriz dividida
Fonte: A autora (2011)

5.6 PROTOTIPAGEM DA MATRIZ UTILIZANDO USINAGEM CNC

5.6.1 Preparação do bloco

Após definir o material a ser utilizado e as medidas gerais da peça de estudo, adquiriram-se os materiais necessários para a construção do bloco que seria usinado. Para tanto cortaram-se 6 quadrados medindo 150x150mm, de uma chapa de MDF de espessura 25mm, os quais foram empilhados e colados com cola própria para madeira (figura 33).



Figura 33 - Bloco construído em MDF
Fonte: A autora (2011)

Como a quantidade necessária de MDF era relativamente pouca, utilizou-se refugos doados por uma fábrica que o utiliza como matéria-prima principal. Calcula-se, no entanto, que o seu custo de aquisição seria de aproximadamente R\$4,14 – o valor da chapa de 2750 x 1830 x 25 mm é de R\$149,00.

Cabe ressaltar que no início do experimento, havia duas opções de materiais para a matriz: MDF e cera. A escolha pelo primeiro se deu por se concluir, em conversa informal com

o designer especialista, que a cera derreteria ao entrar em contato com a fresa do centro de usinagem, já que o seu funcionamento aquece a ferramenta, além do custo superior ao do MDF. A única desvantagem do MDF sobre a cera é a necessidade de acabamento final, por apresentar superfície fibrosa e porosa.

5.6.2 Desbaste prévio de material utilizando o torno mecânico

Objetivando otimizar o tempo de processo da usinagem do bloco, optou-se por usar o torno mecânico para desbastar o excesso de material, das duas partes da matriz, antes de submetê-las ao fresamento. A rapidez e o custo desse processo justificam a escolha do mesmo.

A figura 34 apresenta uma vista lateral do bloco em desenho técnico realizado para orientar o desbaste na parte superior da peça. Pode se perceber a grande quantidade de material que foi descartada e concluir-se que a fresa levaria horas para retirá-la.

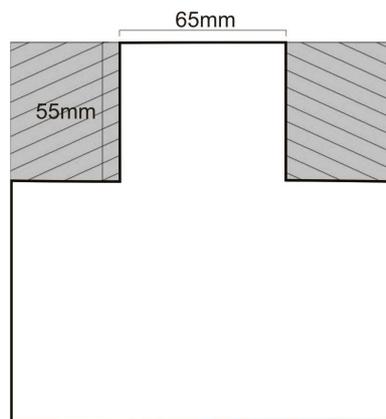


Figura 34 – Material retirado do bloco com o torno mecânico
Fonte: A autora (2011)

Quanto à execução desse processo, a peça é posicionada em um eixo giratório de forma horizontal (figura 35), enquanto que o operador da máquina aproxima uma ferramenta de desbaste em direção ao objeto que será torneado (figura 36).

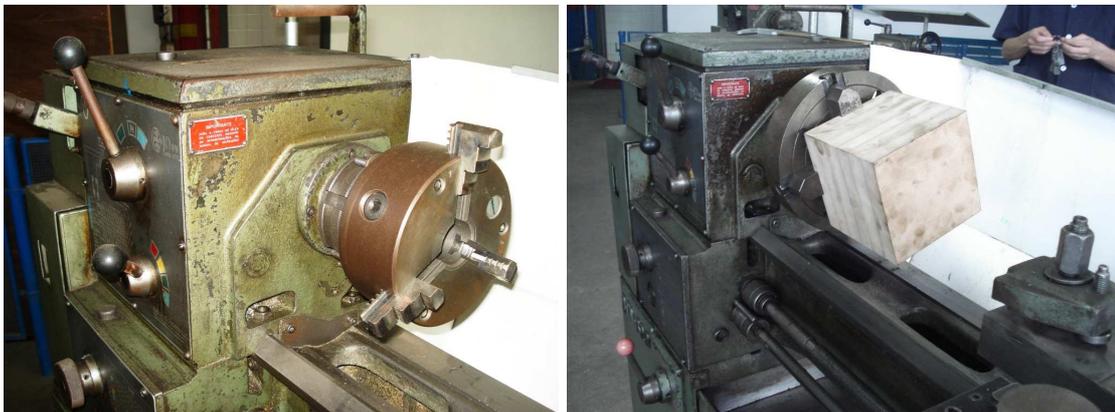


Figura 35 – Posicionamento da peça no torno mecânico
Fonte: A autora (2011)



Figura 36 – Detalhes do torno mecânico
Fonte: A autora (2011)

Esse processo foi realizado pelo funcionário do Laboratório de Usinagem da UFPR e o resultado pode ser conferido na figura 37.



Figura 37 – Bloco em processo de desbastamento e o resultado final
Fonte: A autora (2011)

5.6.3 Usinagem da parte I (topo)

Durante o planejamento da usinagem da peça, descrito no subcapítulo 5.5, realizaram-se testes de estratégias de desbaste e acabamento com fresas de diferentes alturas, diâmetros e topos até se concluir quais se adequavam melhor às necessidades de projeto. Era preciso testar ferramentas que desbastassem, em um primeiro momento, e outras que proporcionassem o acabamento depois (figuras 38 e 39).



Figura 38 – Exemplo de fresa para desbaste (20mm de diâmetro e topo reto)
Fonte: A autora(2011)



Figura 39 - Exemplo de fresa para perfilamento/acabamento (8mm de diâmetro e topo esférico)
Fonte: A autora (2011)

É importante ressaltar que a escolha do tipo de topo de fresa deve ocorrer levando-se em consideração a forma da peça. Por exemplo, para o acabamento das laterais, o topo esférico se adequava melhor. Já para a base – onde existia o encontro do copo com a base da matriz – o topo reto era o mais indicado, pois a superfície é plana e apresenta ângulos retos. A figura 40 mostra uma indicação de uso dos dois tipos dessa ferramenta.

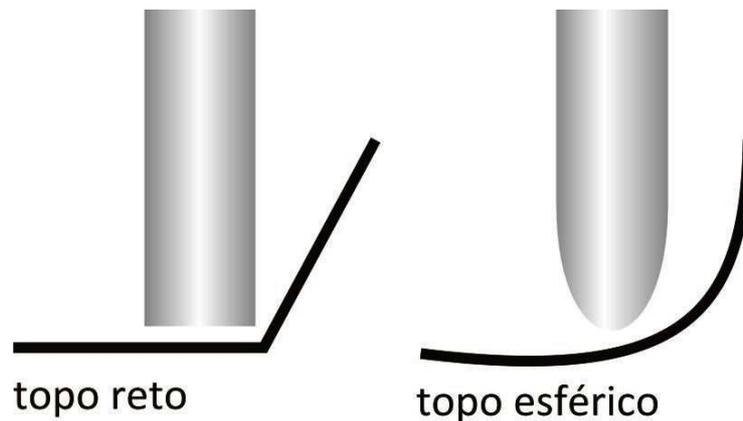


Figura 40 – Indicações de uso de fresa de topo reto e esférico
Fonte: A autora (2011)

Quanto ao maquinário, o centro de usinagem utilizado é da marca Romi, modelo Discovery 4022. Ele é integrado a um computador, onde são lidos os programas com os comandos numéricos que serão lidos pela máquina (figura 41).



Figura 41 – Centro de usinagem utilizado
Fonte: A autora (2011)

Seguiu-se, então, a estratégia estabelecida, que previa, primeiramente, a execução das furações, que tiveram que ser passantes, pois seria mais complicado posicionar a peça na máquina depois de pronta para realizar essa tarefa. Em seguida, usinou-se o topo e, logo, a lateral (figura 42).

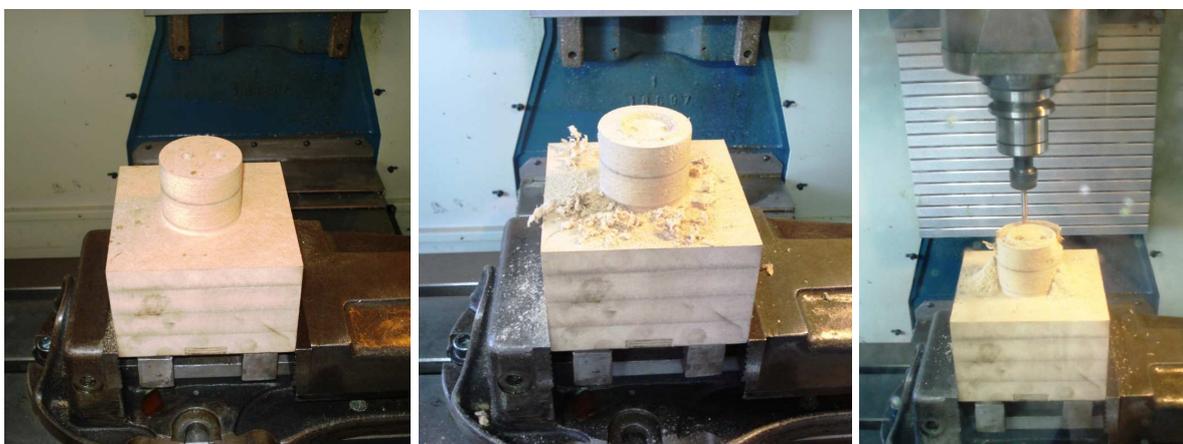


Figura 42 – As três seqüências do processo de usinagem da parte 1
Fonte: A autora (2011)

Entre as seqüências era necessário aspirar as lascas e o pó produzido pelo desbaste com aspirador. Isso evita o aquecimento da ferramenta e a penetração de material nos lubrificantes, graxas e outras partes do equipamento (figura 43).



Figura 43 – Uso do aspirador entre as seqüências
Fonte: A autora (2011)

A parte 1, quando finalizada, apresentou bom acabamento. Foi necessário reutilizar o torno mecânico para efetuar o corte da peça (figura 44).

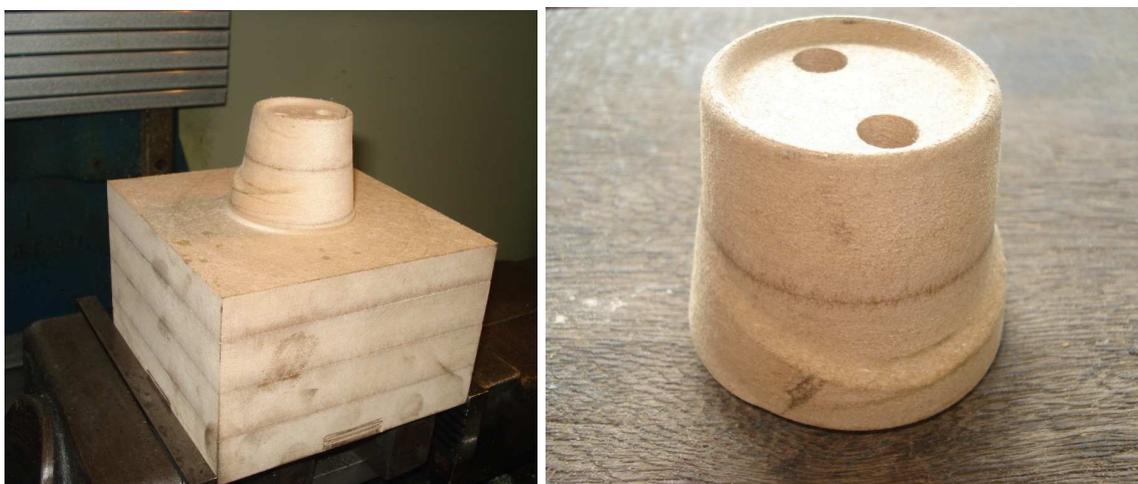


Figura 44 – Parte 1 finalizada
Fonte: A autora (2011)

5.6.4 Usinagem da parte 2 (base)

A segunda parte passou pelo mesmo processo de desbaste inicial com o torno mecânico (figura 45).

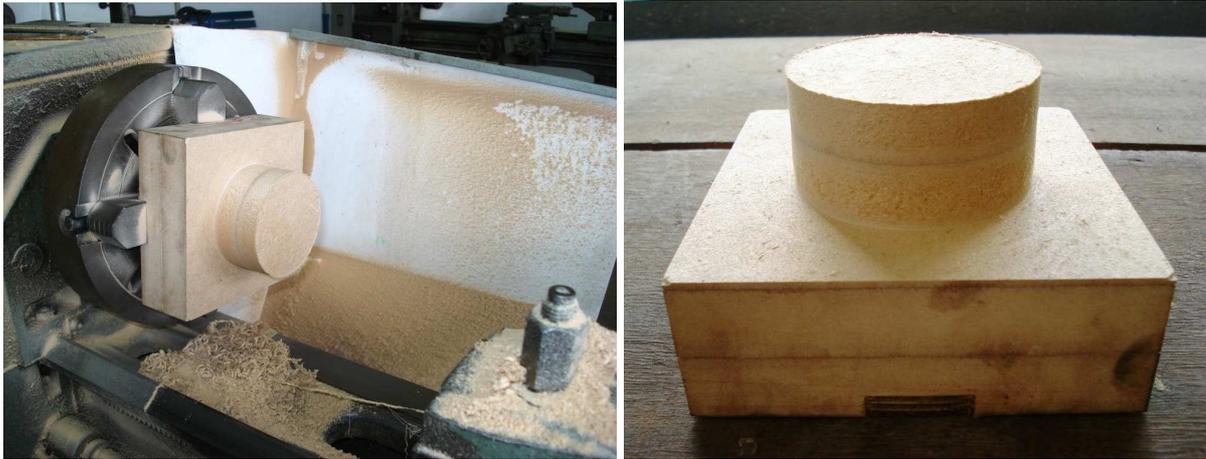


Figura 45 – Parte 2 em processo de desbastamento e o resultado final
Fonte: A autora (2011)

Para alcançar o resultado esperado, esta etapa foi dividida em três partes, nas quais foram usados diferentes tipos de fresas. Na primeira, para usinar o topo da peça, utilizou-se uma fresa de 8mm de diâmetro, de topo reto, visto que a face era plana e ainda apresentava os pinos, que formavam um ângulo de 90° com a superfície.

Na segunda, para usinar a base, recorreu-se à de 20mm, também de topo reto, pois também era uma superfície plana.

Já na última, para o perfilamento lateral e acabamento final, usou-se uma fresa de 6mm de diâmetro e topo esférico. A figura 46 mostra essa última parte do processo de usinagem da parte 2.



Figura 46 – Parte 2 em processo acabamento
Fonte: A autora (2011)

5.6.5 Impermeabilização e acabamento da matriz

Como já explicado, a matriz é uma peça que antecede o molde de gesso no processo de colagem de peças cerâmicas. Esse molde é feito com uma mistura de gesso em pó e água e, por esse motivo, a superfície da matriz deve ter duas importantes características:

- 1) Impermeabilidade, para não absorver a água da mistura com o gesso.
- 2) Homogeneidade, pois o gesso apresenta uma grande capacidade de reproduzir formas e texturas.

Em razão disso, foi necessário impermeabilizar e dar acabamento à peça usinada, em razão do tipo de material utilizado, o MDF, que apresenta superfície fibrosa e porosa. A figura 47 mostra o acabamento da matriz após a finalização da usinagem, em que essas duas características são perceptíveis.



Figura 47 - Detalhe do acabamento do material
Fonte: A autora (2011)

Sendo assim, foram realizados testes de materiais que pudessem desempenhar essas duas funções. Para tanto, cortaram-se quadrados de 30-40mm na mesma chapa de MDF utilizada na construção do bloco usinado, para servirem de amostras.

Testaram-se dois materiais próprios para madeiras, verniz brilhante transparente e esmalte sintético acetinado na cor branca, aplicando-se 3 demãos de cada um (com intervalos de 8 horas), diluídas com água raz, em amostras diferentes.

Quanto ao verniz, notou-se que este era imediatamente absorvido pelas laterais da amostra, após a sua aplicação, e que superfície de cima – onde existe uma fina camada de resina de acabamento, própria das chapas de MDF disponíveis no mercado – apresentava acabamento brilhoso, isto é, estava impermeabilizado.

Já o esmalte sintético impermeabilizou a peça por completo, de forma homogênea, após as três aplicações (figura 48).



Figura 48 – Amostras dos materiais de impermeabilização do MDF testados
Fonte: A autora (2011)

Optou-se, assim, pelo uso do esmalte sintético, já que a matriz após ser usinada apresentava o mesmo aspecto da lateral das amostras, ou seja, excessivamente poroso.

Sendo assim, após lixar e limpar a peça com um pano seco aplicou-se o produto com esponja e pincel, entretanto, notou-se que o acabamento não apresentou um resultado tão homogêneo. Por isso, acredita-se que o uso de uma pistola teria apresentado um resultado mais eficiente.

Com o objetivo de homogeneizar ao máximo a superfície, se utilizou mais lixas, de diferentes granas, para dar o acabamento. Primeiro as mais ásperas (grana 80 e 220) e depois as mais finas (grana 400).

A figura 49 mostra a matriz em três estágios do processo de acabamento: apenas lixada, para amenizar as imperfeições do MDF; com a primeira demão de esmalte; e com o acabamento final.



Figura 49 – Três estágios do acabamento aplicado à matriz
Fonte: A autora (2011)

Quanto aos furos passantes na parte superior da peça, eles foram preenchidos, com uma mistura de serragem, resultante do desbaste da peça, com a mesma cola utilizada para unir as placas de MDF para formar o bloco. Esse processo foi realizado anteriormente à pintura da matriz.

5.7 FABRICAÇÃO DO MOLDE DE GESSO

A confecção do molde de gesso para posterior colagem das peças foi realizada no Laboratório de Modelagem do Curso de Design do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IF-SC), em Florianópolis. Utilizou-se, para tanto, gesso Chaves do tipo comum.

Em primeiro lugar, untou-se a peça com vaselina industrial para que o gesso não entrasse em contato direto com a matriz. Caso isso acontecesse, a retirada do molde ficaria impossibilitada, em função da aderência do material (figura 50).



Figura 50 – Preparação da matriz para produção do molde
Fonte: A autora (2011)

Em seguida, cercou-se a peça com placas de madeira, de modo que se formasse uma caixa do tamanho exato da peça. Essa estrutura foi fixada com hastes de ferro e vedada com argila. Verteu-se, então, o gesso sobre a peça. Este foi preparado com a proporção de 1,250kg de gesso para 1l de água. Após verificar que o gesso estava curado, retiraram-se as hastes de ferro, as vedações de argila e as placas de madeira e, em seguida, desenformou-se o molde. O resultado pode ser visto na figura 51.



Figura 51 – Preparação do molde de gesso

Fonte: A autora (2011)

5.8 PRODUÇÃO DAS PEÇAS

5.8.1 Colagem de barbotina

A produção das peças foi feita no ateliê de cerâmica da Kaolin Design, localizado em Florianópolis, no bairro Rio Vermelho. Foram coladas 3 peças ao todo, utilizando grés e esmalte desenvolvidos pelo ceramista dono do local.

A barbotina formulada apresentava densidade de 1,83 g/ml e retração de cerca de 10%.

As peças produzidas foram coladas em dias diferentes. No primeiro dia a barbotina foi vertida e após 30 minutos de descanso, virou-se o molde para escorrer o excesso. Após perceber que o

aspecto da massa havia passado de brilhante a fosco (cerca de 20 minutos), desvirou-se novamente a peça. Essa seqüência pode ser acompanhada na figura 52.



Figura 52 – Seqüência de passos da colagem de barbotina

Fonte: A autora (2012)

A peça foi desmoldada após 40 minutos de descanso e foi necessário o auxílio de um soprador de ar para descolar a peça do molde. Logo após a peça recebeu acabamento com esponja úmida e após um dia de secagem a peça apresentava o aspecto mostrado na figura 53.



Figura 53 – Diferença de cor da peça após acabamento e secagem

Fonte: A autora (2012)

Nesse mesmo dia realizou-se o mesmo processo e no dia seguinte novamente, totalizando 3 peças.

É importante ressaltar que foram utilizados os tempos de espera de acordo com o tempo recomendado pelo ceramista que desenvolveu a massa.

5.8.2 Vidrado e queima

Para a esmaltação, utilizou-se a mesma técnica empregada pelo ceramista, que consiste em aplicar o vidrado com uma pistola própria para isso. A esse processo denomina-se esmaltação por pulverização (aerógrafo/pistola).

Esmaltaram-se as três peças no mesmo dia e esse processo durou em torno de 10 minutos.

O vidrado preparado previamente pelo profissional apresentava cor branca. Essa escolha se deu pelo desejo de simular a porcelana usada pelas indústrias de Campo Largo-PR.

O processo de vidrado foi feito por monoqueima, a uma temperatura de 1200°C, nas três peças. No entanto, após serem retiradas do forno, as peças apresentaram defeitos no vidrado: as três peças, defeito do tipo *Crawling* (também conhecido como rasgo, enrolamento, recobrimento imperfeito); e a última peça vidrada, *Pinhole* (também conhecido como picado, pequenos furos, buracos finos) (figura 54).



Figura 54 – Diferença entre as peças vidradas antes e depois da queima
Fonte: A autora (2012)

Segundo o modelista, o primeiro defeito ocorreu em função do uso de um desmoldante à base de óleo (vaselina industrial) na etapa de confecção do molde de gesso. Ele explica que o desmoldante ficou contido nas paredes do molde e, no momento da colagem da barbotina, a vaselina foi “transferida” às paredes externas da peça. Por isso o esmalte “enrugou” nas peças.

Já o segundo, *Pinhole*, aconteceu, provavelmente, por excesso de vidrado durante a aplicação e/ou viscosidade do vidrado aplicado.

Oliveira e Labrincha (2002) e Eppler (2001) confirmam as teorias dos dois casos, e este último autor ainda acrescenta que os furos (*pinhole*) também podem ter sido causados pela proximidade de aplicação da pistola de pulverização de vidrado, por uso de pressão excessiva

de ar da mesma, bem como quando uma segunda camada de spray é aplicada antes que a primeira esteja completamente seca.

No quadro 9 apresenta-se uma comparação das três peças coladas e seus respectivos defeitos de vidrado.

Quadro 9 – Comparação do vidrado das três peças

	PEÇA 01	PEÇA 02	PEÇA 03
Imagem das peças queimadas			
Principal defeito do vidrado	<i>Crawling</i>		<i>Crawling e Pinhole</i>
Possíveis causas	Presença de substância oleosa usada como desmoldante do molde de gesso (vaselina industrial)		<ul style="list-style-type: none"> -Excesso de material aplicado -Proximidade exagerada da pistola -Pressão de ar exagerada da pistola -Viscosidade do vidrado.

Fonte: A autora (2012)

Percebe-se, contudo, que o defeito de *crawling* foi se amenizando de acordo com a ordem das peças coladas. A primeira apresenta um defeito mais significativo, em relação à terceira e última peça.

Quanto ao defeito *pinhole*, pode-se observar na figura 55 a clara diferença de textura do vidrado entre a peça que apresentou esse defeito e outra que não apresentou.



Figura 55 – Comparação da textura da superfície de duas peças
Fonte: A autora (2012)

Após a queima, a peça adquiriu coloração cinza claro, típica da massa utilizada – grés.

Apesar dos defeitos no acabamento da peça, pode-se perceber nas imagens apresentadas que, com relação a reprodução das formas, a matriz cumpriu bem a sua função, pois as peças adquiriram a forma do molde com eficiência.

5.9 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO EXPERIMENTO

O resultado obtido com a fabricação da matriz em MDF foi satisfatório, no entanto acredita-se que existam materiais mais eficientes, a exemplo do poliuretano de alta densidade. Isso se deve à necessidade de impermeabilização do MDF, o qual é extremamente poroso. Conseqüentemente, demanda acabamento, o que significa mais custo com material e mais tempo gasto.

Então, a título de comparação dos materiais para a produção de matrizes e/ou modelos, elaborou-se um quadro (quadro 10) com informações sobre quatro tipos: o utilizado no experimento (MDF), o utilizado pelos profissionais do setor que já estão confeccionando matrizes por RP (PU) e os já utilizados no processo tradicional.

O parâmetro empregado para comparar valores foi o bloco de 150mm³ utilizado no experimento para a fabricação da matriz.

Quadro 10 – Comparação de características dos possíveis materiais para a fabricação de modelos, matrizes e moldes

		MATERIAIS			
		MDF	Poliuretano (PU) de alta densidade (Marca RenShape, modelo 440)	Gesso pedra	Argila Comum
CARACTERÍSTICAS	Indicações	Modelo ou matriz	Matriz	Modelo ou matriz	Modelo
	Dimensões	Placa de 2750 x 1830 x 25 mm	Placa de 1524 x 508 x 50 mm	Por kg	Por kg
	Custo do bloco de 150mm³	Cerca de R\$4,14* (R\$149,00 a placa)	Cerca de R\$ 66,70** (R\$ 667,00 a placa)	Cerca de R\$ 4,38 (R\$3,50 o kg)	Cerca de R\$3,20 (R\$0,80 o kg)
	Acabamento	Médio (Poroso, fibroso)	Bom (homogêneo)	Bom (homogêneo)	Bom (homogêneo)
	Pontos positivos	-Custo -No uso para construção de matrizes, elimina-se a etapa de fabricação física do modelo (redução de tempo e material)	-Não necessita impermeabilização -Alta resistência mecânica	Custo	Custo
	Pontos negativos	-Necessita impermeabilização	Custo	-Baixa resistência mecânica -No uso para modelos, necessita etapa posterior de construção de molde e matriz (aumento do tempo e material)	Necessita etapa posterior de construção de molde e matriz
<p>*Mais o valor do esmalte sintético para acabamento e da cola para MDF **Mais o valor da cola para PU</p>					

Fonte: A autora (2012)

É importante ressaltar que no caso do gesso pedra e a argila na confecção do modelo do produto, faz-se necessário a realização de mais etapas e, conseqüentemente, usa-se mais material (Apêndices E e F).

Sobre o tipo de PU citado, ele é próprio para a usinagem em máquinas de CNC para produzir modelos, maquetes e matrizes (MAXEPOXI, 2011), e foi indicado pelo designer especialista entrevistado.

Durante o processo de colagem por barbotina, o copo apresentou pequenos problemas na desmoldagem e esponjamento, deformando a boca da peça, o que mostrou a necessidade de uma extensão da peça para ser removida depois, a qual não foi considerada na etapa de projeto da matriz. Abaixo é mostrada uma representação gráfica de como deveria ter sido projetada a matriz (figura 56).

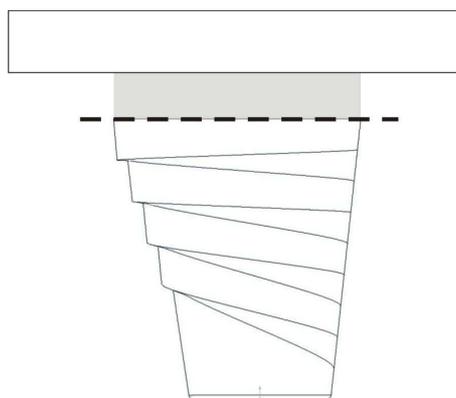


Figura 56 – Extensão do modelo para corte após colagem da barbotina
Fonte: A autora (2012)

A intenção da realização do experimento era simular as etapas do novo processo sugerido, a fim de se testar materiais e técnicas, e, assim, demonstrar a viabilidade da utilização da tecnologia.

Um dos fatores envolvidos no tempo de execução está relacionado ao número de etapas do processo. No entanto, cada etapa possui um nível distinto de complexidade, além de depender de outros fatores como o tipo de produto a ser fabricado, a qualificação de quem as executa e as condições de trabalho. Por esses motivos considera-se inadequado comparar o tempo empregado nos dois processos, para se obter um resultado exato.

A figura 57 mostra um fluxograma comparativo das etapas dos processos tradicional e o proposto. Pode-se observar que o número de etapas é o mesmo, porém, como já exposto, cada uma possui um nível diferente de complexidade, dependendo, principalmente, do tipo de projeto que está sendo executado.



Figura 57 – Comparação de etapas dos processos tradicional e sugerido
 Fonte: A autora (2012)

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O seguinte capítulo discute os resultados do experimento realizado, verificando a possibilidade de aplicar a prototipagem rápida nos processos de desenvolvimento, manufatura e inovação de louças de mesa e adornos, e assim, estabelecer em que medida os resultados obtidos atendem à pergunta de pesquisa.

6.1 INTRODUÇÃO

Tendo como base o procedimento experimental realizado, apresenta-se a seguir, os principais resultados desta pesquisa e uma discussão relacionada à inserção da prototipagem rápida no processo produtivo de louça de mesa e adornos. Para tanto, confrontaram-se os resultados obtidos com os dados levantados tanto na literatura, como em campo.

O presente capítulo está dividido de acordo com as abordagens discutidas: a prototipagem rápida aplicada no processo de desenvolvimento e manufatura de produtos cerâmicos, bem como a sua contribuição para a inovação no setor de louças cerâmicas.

6.2 A PROTOTIPAGEM RÁPIDA NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS CERÂMICOS

A situação atual, colocada por Jayme (2009 apud Carvalho et al., 2003), Fernandes (1998) e Fernandes et al (2009) demonstra uma acomodação do setor de louça de mesa e adornos, perante uma realidade altamente competitiva. No entanto, percebeu-se na prática como é possível reduzir a cultura de cópia de produtos, normalmente exercitada pelo APL (IPARDES, 2006; FERNANDES et al, 2009), a fim de acessar mercados mais exigentes. Ao se investir em design e tecnologia, as empresas agregam valor aos seus produtos, destacando-se, assim, de forma mais competitiva.

As etapas de projeto conceitual, citadas por Baxter (2000), seguidas no experimento, claramente não são utilizadas por essas empresas. Observou-se que o conhecimento de metodologias de design/projeto e o desenvolvimento de estratégias de design não são comumente empregados nas indústrias do APL. No entanto, é importante destacar que a empresa entrevistada criou um departamento de design recentemente e já foi apontada como a empresa que apresentou o maior crescimento no ano de 2010, dentre as 36 citadas em uma reportagem especial do jornal O Estado do Paraná (2011).

Quanto ao fator complexidade formal, acredita-se não haver chegado ao melhor exemplo de geometria para representar esse conceito. Contudo, estima-se haver alcançado o conceito de bissociação proposto e explanado no capítulo 2 (BAXTER, 2000).

As múltiplas funções disponíveis no software CAD 3D, exemplificadas por Amaral et al (2006), foram testadas na etapa prática da pesquisa. Pode-se verificar, dessa forma, a eficiência

das mesmas, em termos de representação ágil e realística de um produto; dimensionamentos precisos; ajustes rápidos; facilidade na portabilidade de um projeto; e simulações de materiais e cores.

6.3 A PROTOTIPAGEM RÁPIDA NA MANUFATURA DE PRODUTOS CERÂMICOS

No capítulo 2 foram apresentados cinco métodos de produção de louça de mesa, nos quais se inserem a prototipagem rápida. Para o experimento (capítulo 5) optou-se pela execução do método 4, detalhado no quadro x, por se verificar que é o que apresenta maiores possibilidades de ser imediatamente aplicado no APL, além das vantagens sobre outros. Uma delas é a eliminação da etapa de construção física de um modelo e seu molde de gesso, anterior à matriz, poupando, dessa forma, tempo e material. O representante da empresa entrevistada concorda quando afirma que a utilização da prototipagem rápida na fabricação das matrizes é a mais eficiente.

O experimento permitiu demonstrar na prática a possibilidade de se inserir a prototipagem rápida no processo de produção de matrizes para a indústria de louças de mesa, assim como já utilizado em outros países, de acordo com Lino e Neto (2011), Designboom (2010) e o designer especialista entrevistado.

O uso do software Edgecam para o planejamento da usinagem da peça ocorreu em função de já ser conhecido, ensinado e utilizado pelos profissionais do laboratório onde se realizou as etapas de planejamento e usinagem da matriz. No entanto, acredita-se que as horas de trabalho poderiam ter sido reduzidas, pois segundo relatou o coordenador do laboratório de usinagem da UFPR, as estratégias de desbaste propostas pelo software não foram as melhores. Por isso buscou-se listar mais opções, as quais se encontram no capítulo 2.

A integração dos sistemas CAD/CAM foi realizada com sucesso e isso se deve não só à compatibilidade dos sistemas utilizados, mas também pelo uso do padrão STEP, citado por Amaral et al(2006) e Volpato et al (2007), que optou-se por usar.

A escolha do processo subtrativo não se deu apenas por ser o disponível nos laboratórios da UFPR, mas também por já ser o utilizado com sucesso pela empresa Holaria-Cerâmica Contemporânea (HOLARIA, 2010), pelo designer especialista e pela empresa entrevistados. Obteve-se um bom resultado, embora houvesse restrições de ferramentas, o que culminou em um aumento de tempo nessa etapa do experimento, já que se adaptou o projeto às condições de trabalho e não o contrário.

O resultado obtido com a colagem das peças e o vidrado ficaram vulneráveis ao desconhecimento do processo de colagem das peças. Estima-se que em um ambiente industrial, os resultados teriam sido diferentes.

6.4 A PROTOTIPAGEM RÁPIDA E O DESIGN COMO FATORES DE INOVAÇÃO PARA O SETOR

Conforme afirmaram Carvalho, Ecker e Pellanda Jr. (2003), as empresas pertencentes ao APL de Louças de Campo Largo-PR não costumam investir em inovação.

A abertura dos mercados para importações e a saturação do mercado nacional (LÖBACH, 2001, FERNANDES et al, 2009 e ABCERAM,2009), devem ser encarados como uma situação propícia para mudanças em relação a implementação de novas idéias, a fim de enfrentar essa nova realidade. Sobre essas mudanças do comportamento da empresa, Volpato et al (2007) acreditam que abarquem tanto aspectos de gestão do processo de desenvolvimento, como também o uso de novas técnicas e ferramentas computacionais para projeto, análise e simulação.

Com base no experimento desenvolvido, acredita-se que o uso de sistemas CAD/CAM, seguido pela utilização da prototipagem rápida, contribua de forma significativa para o processo de manufatura, reduzindo o *time to market* e eliminando etapas de produção, sendo esse um dos fatores-chave para o aumento da competitividade citado por Lino e Neto (2010).

Além disso, as vantagens citadas no capítulo 2, como a possível otimização de espaço físico da fábrica, em razão da criação de um acervo de arquivos digitais de matrizes; e agilidade da etapa de modelamento 3D do modelo e sua matriz pelo CAD também foram comprovadas na execução do experimento.

Em relação ao custo da implementação do processo, Silva, Madeira e Kistmann (2008) e o designer especialista entrevistado concordam que é o maior empecilho para os empresários do setor. Conforme visto, tanto na literatura, como em campo e em laboratório, que o método proposto é de fato mais oneroso, se considerarmos o custo tanto de uma máquina de RP para a fábrica, como terceirizar o serviço de prototipagem das matrizes. Porém, concorda-se com o consenso de opiniões sobre o ganho obtido, entre empresa entrevistada e Lino e Neto (2010), que defendem que a lucratividade dos projetos compensa esse investimento, já que parte-se do princípio que assim se viabilizará a produção de produtos esteticamente inovadores, atingindo, assim novos mercados, ou se posicionando melhor naquele em que já se encontra.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este último capítulo apresenta as conclusões da pesquisa, além de recomendações sobre a utilização da prototipagem rápida no processo produtivo de louça de mesa e adornos, junto ao APL de Louças de Campo Largo – PR. São feitas, ainda, sugestões para trabalhos futuros.

Com base no exposto, pode-se concluir que a Prototipagem Rápida, amplamente utilizada em outras indústrias, pode contribuir para o processo de design, manufatura e inovação de louças de mesa e adornos. Dessa forma, esta tecnologia, caso empregada, poderá contribuir para o aumento da competitividade das empresas participantes do APL de Louças de Campo Largo – PR.

A viabilidade da técnica proposta foi demonstrada com a execução do experimento, ao empregar os sistemas CAD/CAM para modelamento virtual e planejamento de fabricação da matriz de um conceito de produto desenvolvido, e, logo, usiná-la para a posterior confecção de peças cerâmicas.

Sobre esse método, a pesquisa evidenciou alguns dos problemas que dificultam a implantação da prototipagem rápida no APL. Em contrapartida, também foram identificadas as principais vantagens que as empresas podem obter com a possível inserção dessa tecnologia em seus processos de desenvolvimento e produção de produtos.

O principal obstáculo identificado foi o alto custo do processo, se comparado à técnica tradicional dessas indústrias. Percebe-se, no entanto, que as vantagens obtidas com a aplicação da prototipagem rápida podem compensar o investimento inicial. O investimento deve-se não só ao valor do maquinário, mas também à contratação de mão de obra especializada e ao custo dos materiais utilizados (ferramentas e matéria prima). Quanto a este último item, sugere-se, então, que sejam pesquisados possíveis materiais para se usar as matrizes, considerando características como custo, acabamento e usinabilidade.

Para o rompimento dessa barreira, como constatado nesta dissertação, é necessária uma intensificação de esforços, por parte das empresas desse setor, no sentido de sair da situação de acomodação tecnológica, buscando inovar nos seus processos de desenvolvimento e manufatura de produtos. A tendência tecnológica indica que, em um futuro próximo, a prototipagem rápida não será mais vista como um custo adicional, mas sim como um investimento de grande retorno para a empresa.

Além do processo proposto, ainda sugeriram-se mais quatro métodos nos quais essa nova tecnologia poderia ser inserida no intuito de auxiliar o processo produtivo de louça de mesa: escaneamento 3D de um modelo físico e produção do mesmo por RP; modelamento

virtual do modelo e prototipagem rápida do mesmo; prototipagem rápida seriada dos moldes de gesso; prototipagem rápida seriada do produto final em cerâmica.

Como já mencionado, a opção por se estudar o método que utiliza a prototipagem rápida na produção de matrizes justifica-se por se acreditar que é o que apresenta maior probabilidade de ser imediatamente aplicado no APL com sucesso. No entanto, não se descarta a possibilidade de aplicação dos outros, e por esse motivo, recomenda-se uma pesquisa aprofundada e específica sobre cada um.

Cabe ressaltar também a importância da interdisciplinaridade ocorrida durante o experimento, o que facilitou o seu desenvolvimento e promoveu um enriquecimento não só do processo, mas da pesquisa como um todo.

Por fim, com o objetivo de nortear a implantação da prototipagem rápida nos processos de desenvolvimento, manufatura e inovação de louças de mesa e adornos, segue uma lista de ações as quais podem auxiliar:

- Em razão do baixo fluxo de novos projetos (periodicidade de lançamentos) e dos empresários alegarem que não possuem recursos para investir em um novo maquinário, recomenda-se a terceirização do serviço de prototipagem rápida, assim como já fazem a empresa entrevistada e o designer especialista.
- Embora a terceirização do serviço de RP seja indicada, percebe-se que existe uma barreira no setor para a terceirização dos serviços de design. De acordo com as entrevistas realizadas, os empresários preferem não contratar escritórios de design por julgá-los demasiadamente generalistas, além de não possuírem o conhecimento técnico adequado para a realização de um projeto de louça. Convém, por isso, contratar um designer especialista na área, que projete exclusivamente para a fábrica. Cabe ressaltar que a proposta deste trabalho não era sugerir a substituição do modelista profissional por um designer, um engenheiro e/ou um operador de máquinas, mas sim incentivar a complementação dos conhecimentos. Como afirmou o modelista entrevistado, acredita-se que a interdisciplinaridade é necessária.
- Para intensificar os resultados no alcance de inovação, sugere-se que a criação dos novos produtos seja baseada em estudos de tendências e análise de mercado, agregando, assim, maior valor aos produtos para atingir mercados mais exigentes ou alcançar a liderança no nicho em que já se atua.

REFERÊNCIAS

ABCERAM. **Cerâmica no Brasil:** Panoramas Setoriais - Louças de Mesa. Disponível em: http://www.abceram.org.br/asp/abc_2610.asp. Acesso em: 22 de julho de 2010.

ABCERAM. **Processos de fabricação.** Disponível em: http://www.abceram.org.br/asp/abc_52.asp. Acesso em: 13 de abril de 2010.

AMARAL, D. C. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos:** uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

BALISTRERI, J. **About Ceramic Printing.** Disponível em: <http://johnbalistreriarist.com/2010/06/studio-potter-2008-creating-ceramic-art-using-the-rapid-prototyping-process/#more-7>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2011.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto:** Guia prático para o design de novos produtos. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

BUENO, A. M. **Arranjos Produtivos Locais: análise da caracterização do APL de Ponta Grossa com base nos indicadores.** 108f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2008.

CÂMARA MUNICIPAL DE CAMPO LARGO. **História de Campo Largo.** Disponível em: www.cmcampolargo.pr.gov.br. Acesso em: 21 de outubro de 2010.

CARVALHO, C.; ECKER, A.; PELLANDA JR., R. L. **A Produção de cerâmica branca de mesa e de decoração de Campo Largo e o Design:** estudo sobre a situação das micro, pequenas e médias indústrias e as possibilidades de desenvolvimento do setor através do design. 2001. 126p. Monografia (Bolsa de Iniciação Científica). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

CARVALHO, C. F. de; ECKER, A.; PELLANDA Jr., R. L.; KISTMANN, V. B. Discussão quanto à nomenclatura utilizada pelos produtores de cerâmica decorativa e de mesa da região de Campo Largo/PR. In: **47º Congresso Brasileiro de Cerâmica**, 2003, João Pessoa. 47º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2003.

CERAMIC 3D PRINTING. Disponível em: Acesso em: 07 de fevereiro de 2011. http://www.ceramic3dprinting.com/ceramic3dprinting.com/Ceramic_3D_Printing.html

CUFFARO, D. et al. **Process, materials and measurements:** all the details industrial designers need to know but can never find. Gloucester: Rockport, 2006.

DESIGNBOOM. **Mark McClean:** random sushi tray and yunomi holder. Disponível em: <http://www.designboom.com/weblog/cat/8/view/12053/mark-mcclean-random-sushi-tray-and-yunomi-holder.html>. Acesso em: 08 de novembro de 2010.

EPPLER, R. Análise de defeitos comuns em vidrados cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v.6, n.4, 2001.

EVERS, L. **Luis Evers**: depoimento [out. 2010]. Entrevistadores: Carolina M. Dorneles e Mariana C. B. Iwakami. Campo Largo: 2010. Arquivo wav. Entrevista concedida ao Estudo de Caso da Empresa Germer Porcelanas Finas.

FERNANDES, D. M. P. **Design e tecnologia aplicados a produtos domésticos em grês cerâmico**. 212f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

FERNANDES, D. M. P. et al. Design de louça de mesa: levantamento de campo da produção nos mercados asiáticos e europeus. In: **5º Congresso Internacional de Pesquisa em Design**. 2009, Bauru. 52º Congresso Internacional de Pesquisa em Design, 2009.

FERNANDES, D. M. P.; KISTMANN, V. B. **Relatório intermediário relativo ao desenvolvimento do Projeto Sebrae Finep 7/2006 Linha I MPES em APLS Sub-Projeto B Formas Tipo e Design de Louça de Mesa**. Curitiba: FINEP, 2009. 40 p.

GERMER PORCELANAS. Disponível em:

<http://www.germerporcelanas.com.br:8080/germer/index.html>. Acesso em: 29 de setembro de 2010.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GORNI, A. A. Introdução à Prototipagem Rápida e seus Processos. **Plástico Industrial**, São Paulo, nº 31, 2001.

HOLARIA. Disponível em: <http://www.holaria.com.br/holaria/produtos.htm>. Acesso em: 03 de novembro de 2010.

HOTZA, D. Prototipagem rápida de pilhas a combustível de óxido sólido. **Matéria**, Rio de Janeiro, v.14, n. 4, 2009.

INDUSTREAL. Disponível em: www.industreal.it. Acesso em: 28 de janeiro de 2011.

INT. Técnica de impressão 3D possibilita criação de cerâmicas especiais sem precisar de moldes. **Informativo Quinzenal do Instituto Nacional de Tecnologia**, n.31, 10 a 23 de junho de 2010. Disponível em: www.int.gov.br/newsletter-205. Acesso em: 23 de abril de 2011.

IPARDES. **Arranjo produtivo local de louças e porcelanas de Campo**

Largo : estudo de caso. Curitiba: IPARDES, 2006. 31p. Disponível em:

<http://www.ipardes.gov.br/webasis.docs/ap1_porcelanas_campo_largo.pdf>. Acesso em: 18 de julho de 2010.

JAYME, M. E. M. **Tendências**: recomendações para seu uso na gestão do design das MPES produtoras de louça de mesa de Campo Largo - PR. 2009. 193 p. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

LIMA, M.A.M. **Introdução aos Materiais e Processos para Designers**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006.

LINO, F. J.; NETO, R. J. **A Prototipagem Rápida na Indústria Nacional**. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~falves/Prototipagem.pdf>. Acesso em: 04 de junho de 2010.

LINO, F. J.; NETO, R. J. **A Prototipagem Rápida na Indústria Cerâmica: comparação com outros sectores industriais**. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~falves/Artigoceramica.pdf>. Acesso em: 19 de janeiro de 2011.

LÖBACH, B. **Design Industrial**. Edgard Blücher, São Paulo, 2001

MADISON, J.G. **CNC Machining handbook: basic theory, production data, and machining procedures**. New York: Industrial Press Inc., 1996.

MARCONI, M. de A; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MAXEPOXI. **Placas de material composto para rápida usinagem**. Disponível em: <http://www.maxepoxi.com.br/placas.asp>. Acesso em 30 de novembro de 2011.

MUNDO CNC. Disponível em: <http://www.mundocnc.com.br/basic3.php>. Acesso em: 16 de dezembro de 2011.

O ESTADO DO PARANÁ. **Município de Campo Largo promove 21ª edição da feira de louças e porcelanas**. Disponível em: <http://oestadodoparana.pron.com.br/cidades/noticias/45605/?n=municipio-de-campo-largo-promove-21a-edicao-da-feira-de-loucas-e-porcelanas>. Acesso em: 22 de novembro de 2011.

OLIVEIRA, H.J.; LABRINCHA, J.A. Esmaltes e engobes para monoporosa. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v.7, n.2, 2002

PALM, W. **Rapid Prototyping Primer**. Disponível em: <http://www.me.psu.edu/lamancusa/rapidpro/primer/chapter2.htm#process>. Acesso em: 22 de janeiro de 2011.

PEREIRA, J. A. **O Virtual Digital na Projetação de Produtos e a Qualificação Profissional**. 150f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

PHAM, D.T. ; GAULT, R. S. A Comparison of Rapid Prototyping Technologies. **Machine Tools and manufacture**, Cardiff, v.38, 1998.

PILEGGI, A. **Cerâmica no Brasil e no Mundo**. 1. ed. São Paulo: Livraria Martins, 1958.

ROMI. **Centros de Usinagem**. Disponível em: <http://www.romi.com.br>. Acesso em: 12 de janeiro de 2012.

SANTOS, D. T. dos; BATALHA, M. O. Estratégia de Produção em Arranjos Produtivos Cerâmicos: o caso de Pedreira (SP). **Produção Online**, Florianópolis, v.10, n. 3, 2010.

SAURA, C. E. **Aplicação da Prototipagem Rápida na Melhoria do Processo de Desenvolvimento de Produtos em Pequenas e Médias Empresas**. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Projeto Mecânico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SELHORST Jr., A. **Análise Comparativa entre os Processos de Prototipagem Rápida na Concepção de Novos Produtos: um estudo de caso para a determinação do processo mais indicado.** 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2008.

SILVA, M. A. R. da. **O Uso do Grés no Design Cerâmico de Embalagens para Cosméticos.** 132f. Dissertação (Mestrado em Design) – Departamento de Humanas, Educação e Artes, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SILVA, M. A. R. da ; MADEIRA, L. K. ; KISTMANN, V. B. Inovação em Design Cerâmico: prototipagem rápida para a obtenção de peças cerâmicas com complexidade formal. In: **52º Congresso Brasileiro de Cerâmica**, 2008, Florianópolis. 52º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2008.

SKA. **Edgecam.** Disponível em: <http://www.ska.com.br/produtos/index/5/edgecam>. Acesso em: 15 de dezembro de 2011.

STARCK. Disponível em: www.starck.com. Acesso em: 17 de junho de 2011

THOMPSON, R. **Manufacturing processes for design professionals.** United Kingdom: Thames & Hudson, 2007.

VOLPATO, N. et al. **Prototipagem Rápida:** tecnologias e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

GLOSSÁRIO

Alumina: Um dos principais componentes das argilas. Quando usada nos esmaltes serve para controlar a viscosidade, impedindo que escorra pelas laterais da peça ao se fundir. O óxido de alumínio é utilizado também para aumentar a temperatura da queima tanto das argilas quanto dos vidrados, já que seu ponto de fusão é de 2050 °C.

Argila: Material natural terroso de granulação fina, que geralmente adquire quando umedecido com água, certa plasticidade.

Barbotina: Mistura de argila, água e defloculante que perde a plasticidade e torna-se líquida. Possui de 35% a 70 % de água.

Biscoito: Objeto de cerâmica que passou por uma queima de aproximadamente 800°C para aumentar a sua resistência à manipulação e facilitar a aplicação do vidrado.

Caulim: Argila primária, não plástica, de cor branca usada principalmente na composição da porcelana e de esmaltes.

Cerâmica: Designa todo o grupo de produtos resultantes da cocção de argilas agregadas ou não a outros componentes.

Crawling: zonas de uma peça cerâmica não vidradas ou com espessura insuficiente, as quais se podem atribuir a um mau espalhamento do esmalte.

Esmaltação por Pulverização: Processo que utiliza uma pistola com jato de esmalte.

Esmalte: O mesmo que vidrado.

Faiança: Classificada em calcíticas, quando usam a calcita como fundente (cocção entre 1050°C e 1100°C) ou feldspática quando o fundente é o feldspato (cocção entre 1100°C e 1250°C). É porosa, de baixa resistência mecânica e sua coloração varia de creme a branca.

Feldspato: Matéria-prima natural pertencente ao grupo dos silicatos, utilizado na composição de massas cerâmicas com a função de reduzir a temperatura de queima.

Grés: Baixa porosidade e elevada resistência mecânica. A temperatura de cocção encontra-se na faixa de 1100°C a 1300°C.

Impressão 3D (3DP): Processo de prototipagem rápida por adição de camadas planas e sucessivas.

Louça: Artefato de cerâmica destinado especialmente ao serviço de mesa.

Massa Cerâmica: Mistura de uma ou mais argilas. Na indústria o termo “massa” é o material já beneficiado, enquanto a argila é o material bruto.

Matriz ou madre: Molde original (ou pré-molde) que reproduz a forma do modelo.

Modelo físico: Peça modelada manualmente. No caso da indústria cerâmica, utiliza-se como matéria-prima, principalmente, a argila e o gesso.

Modelo virtual: Peça modelada com o auxílio de um software de modelagem 3D.

Moldagem: Processo de execução de formas para reprodução em série.

Molde: Qualquer objeto que sustente a argila para criar uma forma.

Monoqueima: É a queima de biscoito e esmalte reunida em uma só.

Pinhole: conjunto de pequenas depressões na superfície do vidrado, semelhantes às que seriam provocadas por um alfinete.

Porcelana: Cerâmica branca, às vezes translúcida, de porosidade nula e elevada resistência mecânica. A temperatura de cocção encontra-se na faixa de 1200°C e 1400°C.

Prototipagem Rápida: Conjunto de tecnologias usadas para se fabricar objetos físicos diretamente a partir de fontes de dados gerados por sistemas de projeto auxiliado por computador (CAD).

Quartzo: Componente importante das massas cerâmicas usado para diminuir a plasticidade e a retração de secagem.

Sílica: É o formador de um vidro em um esmalte.

Sinterização: Quando partículas se aglutinam por aquecimento.

Usinagem CNC: Sigla de *Computer Numeric Control*. Processo de prototipagem rápida no qual acontece por meio de subtração de material de um bloco sólido até alcançar a forma desejada. Pode-se dizer que é um sistema para esculpir automatizado.

Vidrado: Camada vítrea aplicada sobre os corpos cerâmicos.

APÊNDICES

Apêndice A
(Entrevista a uma Empresa Produtora de Louças de Mesa de Adorno de Campo
Largo - PR)

ENTREVISTA A UMA EMPRESA PRODUTORA DE LOUÇAS DE MESA DE ADORNO DE CAMPO LARGO -PR

1 Quais são as atuais técnicas de modelamento de peças utilizadas na empresa?

2 Quais os principais materiais utilizados na etapa de modelamento do modelo?

Modelagem manual e usinagem por comando CNC.

Para modelagem manual é utilizado Gesso e resinas.

Para usinagem utilizamos placas de poliuretano de alta densidade.

3 Atualmente, quem são os responsáveis na empresa pelas seguintes etapas de fabricação de uma peça por Colagem:

Criação:

Setor de produto

Modelagem:

Setor de Produto

Molde da Matriz:

Setor de produto (A original é usinada)

Matriz:

Setor de Gesso e modelagem

Molde de Produção:

Setor de Gesso e modelagem

Produção das peças por Colagem:

Setor de colagem

4 O que levou a empresa a investir na prototipagem rápida?

Necessidade de agilidade no processo e de não depender da habilidade manual do modelista.

5 Como a empresa obteve conhecimento sobre os benefícios proporcionados pela prototipagem rápida?

Pela formação do setor de produto da empresa

6 A prototipagem é terceirizada ou desenvolvida pela própria empresa?

Prototipagem feita fora da empresa

7 Quais são as técnicas e materiais de prototipagem rápida utilizadas pela empresa?

Utilizado apenas protótipos usinados em fresadoras CNC. Material utilizado, Placas rígidas de Poliuretano de alta densidade.

8 Quais foram as principais vantagens obtidas com o emprego da prototipagem rápida?

Fidelidade com o modelo desenvolvido pelo setor de produto; Garantias de geometria da peça; Possibilidade de modelagem de formas complexas; Agilidade no processo; Garantia de manutenção da forma original (ela não ira mudar com o passar dos anos).

9 Houve barreiras para a implementação da técnica? Quais?

- Financeira
- Resistência da diretoria
- Falta de profissionais qualificados
- Outras:

10 Quais foram as melhorias mais significativas com a implantação dessa tecnologia?

- Redução de custos de produção
- Aumento dos lucros
- Redução do time to market
- Aumento da qualidade final dos produtos
- Outras:

11 Em quais os processos/etapas de desenvolvimento de produtos o processo de prototipagem rápida é empregado? Onde é verificada que ele é mais eficiente? Existe alguma limitação significativa?

Modelagem do protótipo final. Para modelos primarios ou não definitivos o processo se torna muito caro e inviabiliza a utilização.

12 A empresa já ouviu falar sobre o uso de scaneamento 3D aplicado ao desenvolvimento de peças cerâmicas?

Scaneamento 3D é conhecido, mas o que ele pode trazer de benefício para o processo eu desconheço, não vejo onde se encaixaria no processo.

Apêndice B
(Entrevista a um Designer Especialista em Cerâmica)

ENTREVISTA A UM DESIGNER ESPECIALISTA EM CERÂMICA

1 Em geral, quais são as atuais técnicas de modelamento de peças utilizadas nas empresas produtoras de louça de mesa tradicionais?

Aqui no Brasil as empresas, em sua maioria, ainda usam as técnicas tradicionais. Poucas empresas usam técnicas mais modernas, que é como o auxílio do computador. As fábricas mais antigas da Europa já utilizam o auxílio do computador já a um bom tempo.

2 Quais os principais materiais utilizados nas etapas de modelamento do modelo e confecção da matriz/madre/pré-molde nessas empresas, geralmente?

Para confecção do modelo manualmente usa-se argila ou gesso. Para construção do pré-molde é feita uma mistura de gesso + cimento. Isso para deixar a peça mais dura, pois o pré-molde deve ser bem resistente para desmoldar as peças de gesso.

3 Nos seus projetos, você costuma utilizar esses mesmos processos e materiais? Se não, cite os utilizados por você?

Sim, mas depende o projeto. A escolha do processo depende muito da peça que será realizada e a sua finalidade (uso simples, comercial, teste etc).

Pode-se fazer o modelo a mão (se não for complexo) ou mesmo usar o modelo que foi desenhado no computador para depois tirar o molde de gesso, ou mesmo usar o molde de gesso em outro material – como MDF ou resina de usinagem.

Geralmente, para poucas peças não se faz pré-molde. Somente um molde de gesso.

4 Quais os motivos que te levaram a escolher esses materiais e processos? (Ex.: baixo custo, melhor custo-benefício, melhor disponibilidade no mercado, maior rapidez...)

De minha parte. Escolho o processo e o material dependendo das seguintes variáveis (não estão em ordem de importância, pois que determina isso é o cliente)

- preço
- tempo
- finalidade da peça
- quantidade de reprodução
- necessidade de qualidade final da peça

Conforme é colocada a importância e a necessidade de cada uma dessas determinantes escolho o processo para realização do projeto.

5 Você poderia sugerir um material alternativo para a fabricação das matrizes, diferente do utilizado tradicionalmente e o utilizado por você, mas que apresentasse características físicas semelhantes?

Não sei informar. Uso o que tem dado certo. No entanto, a cada dia novos materiais são criados para diferentes processos. Teria que verificar há algo específico, mas acho difícil. Para processos industriais o que se tem já é bem barato.

6 Como você obteve conhecimento sobre os benefícios proporcionados pela prototipagem rápida?

Através do uso (fazer) da prototipagem rápida.

7 Quais foram as principais vantagens obtidas com o emprego da prototipagem rápida?

Maior velocidade no lançamento de uma peça no mercado e capacidade ajuste dos modelos diretamente no molde.

8 Houve barreiras para a implementação da técnica? Quais?

Sim, o alto custo comparado com a técnica tradicional.

9 Quais foram as melhorias mais significativas com a implantação dessa tecnologia? (Ex.: redução de custos de produção, aumento dos lucros, redução do time to market, aumento da qualidade final dos produtos...?)

Aumenta os custos de produção.

Aumento dos lucros? Penso que não se pode atribuir o aumento do lucro ao processo da empresa. O lucro está mais ligado ao produto certo para necessidade demandada.

Dependendo do caso, melhora a qualidade dos encaixes no molde de gesso e na determinação das partições do molde.

Redução de produtos no mercado? Sim, reduz a entrada de produtos no mercado, pois é possível partir diretamente do pré-molde.

Aumento da qualidade final? Sim, há melhoras na qualidade final, mas somente sobre o ponto de vista técnico. A tecnologia não substitui o bom design.

10 Em quais os processos/etapas de desenvolvimento de produtos o processo de prototipagem rápida é empregado por você? Onde é verificada que ele é mais eficiente? Existe alguma limitação significativa?

Na produção de modelos, molde e pré-molde. Onde... depende, cada projeto exige uma demanda diferente. Pode variar.

Em termos materiais, a posse do equipo é a principal limitação (o equipamento ainda é caro para as indústrias cerâmicas). Em termos imateriais, a limitação está na criatividade do projetista.

11 Você já ouviu falar sobre o uso de scaneamento 3D aplicado ao desenvolvimento de peças cerâmicas?

Pouquíssima coisa. Só ouvi falar, mas nunca vi alguém por em prática. O que ouvi era de chineses que usavam para fazer engenharia reversa de peças para reprodução. Nada comprovado.

Apêndice C
(Entrevista a um Modelista de Peças Cerâmicas)

ENTREVISTA A UM MODELISTA DE PEÇAS CERÂMICAS

1 Em sua opinião, o que caracteriza uma peça de geometria complexa?

Seria uma peça relativamente pequena, porque existem peças maiores em cerâmica. Mas uma peça complexa depende das cavidades que ela tem. Uma peça de geometria complexa é aquela que tem muitas partes de moldes. Significa que é uma peça que precisa de muita mão de obra para trabalhar ela no início e para fazer as formas do molde original. Isso seria uma forma de uma geometria complexa. Para mim. Eu já fiz muita coisa. Nessa área, as peças complexas realmente são os sanitários. Eu, por exemplo, trabalhei com o desenho de peças sanitárias de muita complexidade, compostas por quatro ou cinco partes diferentes que depois são coladas. São peças realmente complexas. Mas a cerâmica de cozinha, por exemplo, eu fiz produção de chaleiras que tem uma complexidade média. Esta peça aqui, esta chaleira tem o corpo que é uma peça de quatro moldes; o bico é uma peça adicional, eu fabrico a parte, e tem cinco peças de molde; a asa são duas partes; e a tampa. Se você soma isso, você não poderia fazer uma peça com uma forma só. Você precisa fazer partes menores. Diferença de alturas em uma peça também caracteriza complexidade.

Características como textura e assimetria, ao modelar, contam também?

Peças com textura, claro, são mais complexas. É preciso trabalhar as texturas, com a mão ou usar elementos adicionais como texturas já feitas em que você copia e transfere para a sua peça original.

2 Em média, até quanto tempo pode-se levar para se modelar uma peça (louça de mesa ou adorno) de maior complexidade formal?

Uma semana. Quem sabe menos. Depende das mãos de cada um. Esta chaleira, que está composta por quatro partes, eu demorei mais ou menos uma semana, ou seja, só fazendo a forma original, não o molde. Um dia e meio para fazer o corpo, mais um dia para fazer esta parte (o bico) e mais um dia para fazer esta (a asa). Dá mais ou menos quatro dias. E mais a tampa.

E depois mais o molde?

E depois fazer o molde é outra história, porque são quatro moldes diferentes.

E depois que a peça está pronta você estuda o molde?

Não, na verdade a gente vai desenhando e vai paralelamente colocando o molde em produção. Existem muitas peças que são grandes que precisam de uma desmoldagem diferente, quer dizer, a peça está desenhada de tal maneira que você consiga ir abrindo ela aos poucos. Uma parte seca, a outra parte seca, aí você vai estruturando a peça aos poucos. Ou seja, o molde, a forma da peça e a forma de trabalhar já deve ser prevista. Por exemplo, quando você fabrica pias, você tem que estudar muito bem como porque os moldes são grandes e cada molde pesa cem quilos. Você tem que estudar muito

bem como o operário vai fazer isso, para poder desenhar a peça. Ou seja, uma peça que seja fácil de “colar”, de abrir e de desmoldar.

E quem faz isso hoje em dia na indústria?

Não sei. Já faz tempo que estou fora.

E na época em que você trabalhava nas indústrias?

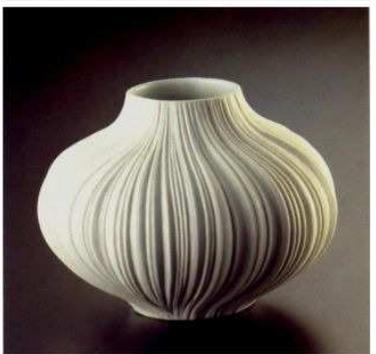
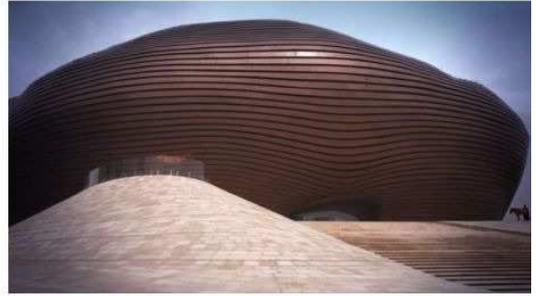
Na minha época, na Europa, normalmente, eram designers, modelistas, escultores. Trabalhando juntos. A interdisciplinaridade é necessária. Técnicos, ceramistas, escultores e designers trabalhando em equipe.

3 Na sua opinião, quais são as vantagens e as desvantagens da inserção da prototipagem rápida no processo de produção de matrizes para colagem de barbotina,?

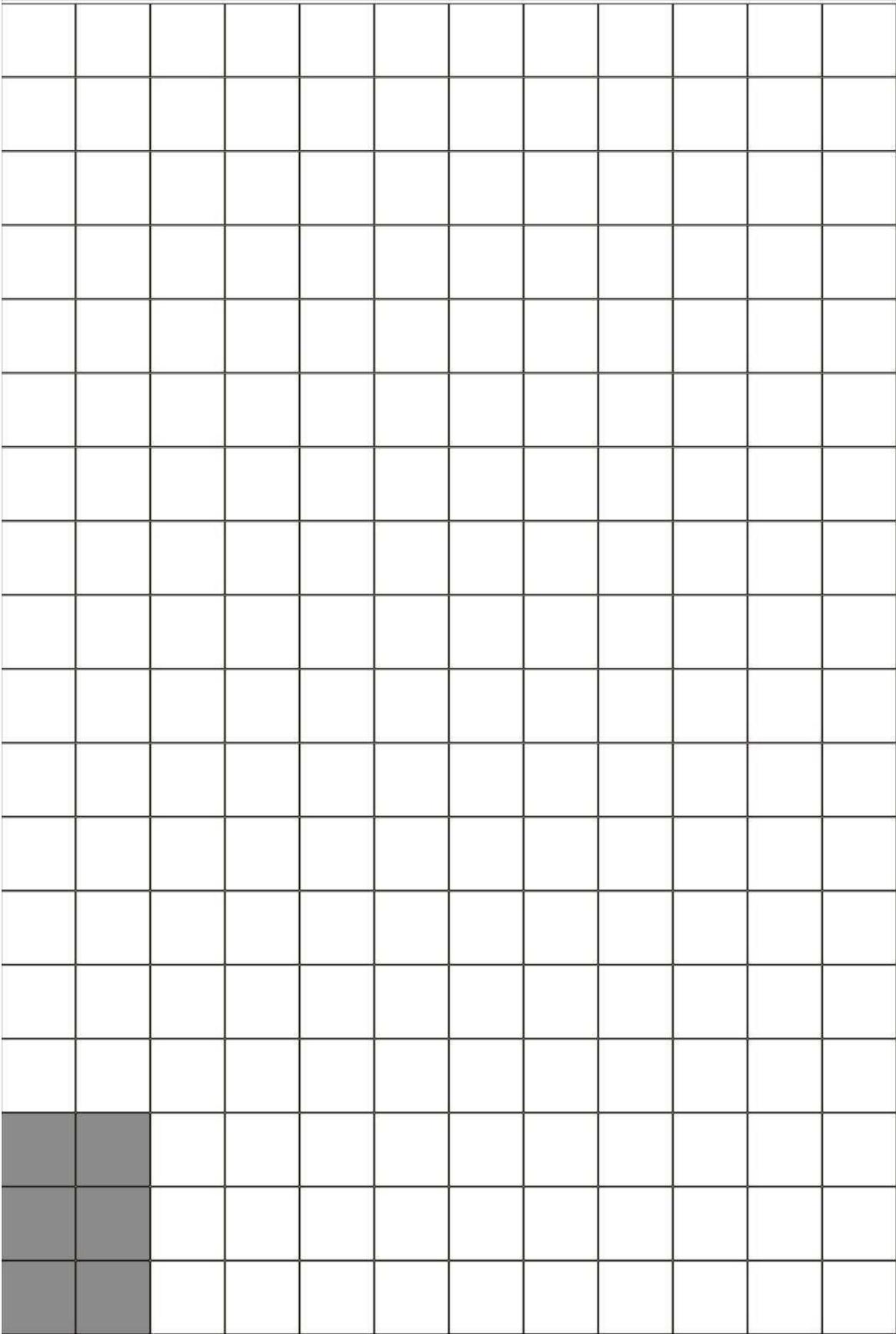
As vantagens são a diminuição do tempo entre modelamento e produção da matriz, a eficiência do maquinário e do software em termos de precisão e recursos variados. Já o alto custo do maquinário é um fator negativo. Não compensa comprar uma máquina de um custo tão alto para ser usada apenas 1 ou 2 vezes ao ano. Minha sugestão é terceirizar o serviço.

Apêndice D
(Painel imagético sobre o tema Complexidade Formal)

COMPLEXIDADE FORMAL



Apêndice E
(Cálculo de material-Placa de MDF cru)



Placa de MDF comercializada
Total: 36 blocos de 150mm³
Escala: 1:10

Obs: O cálculo considerou uma margem de 2mm de material entre as chapas,
em função do material eliminado no momento do corte.

Apêndice F
(Cálculo de material-Placa de PU RenShape)

									material excedente

Placa de Poliuretano de alta densidade (RenShape)

Total:10 blocos de 150mm³

Escala: 1:10

Obs: O cálculo considerou uma margem de 2mm de material entre as chapas, em função do material eliminado no momento do corte.