

## **Estudo das tecnologias para confecção de protótipos rápidos em cerâmica. Possibilidades e limitações em projetos de design.**

Moreira, F (1);Bertoldi,C.A (2)

(1)SENAI, (2)FAU-USP

rededesign116@sp.senai.br

### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho é apresentar informações técnicas referentes às pesquisas de desenvolvimento de processos de prototipagem rápida em material cerâmico. Apresentar os precursores no campo da pesquisa de prototipagem rápida em cerâmica, evidenciar o princípio tecnológico abordado, principais diferenciais com relação aos processos de confecção dos protótipos, características físicas e estéticas das massas cerâmicas utilizadas e possibilidades de aplicação dos protótipos obtidos em design.

**Palavras chave:** Prototipagem rápida, protótipo rápido, material cerâmico, tecnologias digitais, modelamento 3D, modelos físicos.

### **INTRODUÇÃO**

As tecnologias de prototipagem rápida surgiram na década de 70, porém se levaram duas décadas de amadurecimento desta inovação tecnológica para que seu processo de comercialização fosse iniciado. As tecnologias de prototipagem rápida

confeccionam modelos físicos em diversos materiais por meio de processos distintos. Na década de 90, pesquisadores começaram a realizar pesquisas na tentativa de utilizar materiais cerâmicos na prototipagem rápida com objetivo de obter o protótipo deste material em menor tempo, por exemplo, dispensando o uso de moldes, comum no processo convencional de desenvolvimento de alguns produtos cerâmicos. A prototipagem rápida em cerâmica pode contribuir para a fabricação de modelos físicos para o uso em projetos de design, permitindo a análise da interface do modelo físico com o usuário. Esta tecnologia pode contribuir no campo do design, visto que, podem ser construídas modelos com geometrias complexas, impossíveis de serem obtidas pelo processo convencionais de manufatura. Em alguns casos a prototipagem rápida poderá ser empregada para a fabricação de produtos, indo além do apoio aos processos de design. Existem alguns estudos em universidades na Inglaterra e na Alemanha, onde o sistema de impressão 3D com material cerâmico já é possível, mas ainda assim, tais processos possuem limitações e precisam ser melhorados. Os precursores da prototipagem rápida em cerâmica são: David Huson e Stphen Hoskins na University of West Of Englad, Jonathan Keep artista independente, que conta com apoio para sua pesquisa o Centre for Fine Print Research na Inglaterra, e Jurgen Gunster Heirich na Universidade de Tecnologia Clausthal na Alemanha.

Todas essas tecnologias de prototipagem rápida em cerâmica possuem processos de fabricação de protótipos e matérias-primas em estados iniciais físicos distintos, demonstrando potencial de sua aplicação.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para desenvolvimentos deste trabalho utilizaram-se bibliografias específicas da área de processos de tecnologias de prototipagem rápida. Foram pesquisadas informações referentes aos precursores da prototipagem rápida em materiais cerâmicos, e realizou-se pesquisa de campo no Centre For Fine Print Research, na UWE – University of West of England.

Foram consultadas obra sobre tecnologias de prototipagem rápida, abordando definições, processos e aplicações: Prototipagem Rápida Tecnologias e Aplicações de Neri Volpato, Prototyping and Low-Volume Production de Rob Thompson, e

Introdução a Prototipagem Rápida e seus Processos da Revista Plástico Industrial de Gorni. Foram utilizados textos e publicações de websites de pesquisadores e precursores da pesquisa em prototipagem rápida com material cerâmico. Realizou-se busca no site <http://www.uwe.ac.uk/sca/research/cfpr/> do departamento Centre for Fine Print Research da University of West of England, sobre prototipagem rápida utilizando pó cerâmico, realizou-se pesquisa e no site <http://www.keep-art.co.uk/> sobre pesquisa do artista Jonathan Keep, prototipagem rápida com a utilização de massa cerâmica em estado pastoso. Utilizaram-se informações sobre tecnologias utilização de massa cerâmica em estado líquido, LSD – Layer wise Slurry Deposition a partir de pesquisa desenvolvida pela Universidade de Clausthal na Alemanha.

A visita ao Centre For Fine Print Research na University of West of England (UWE), foi guiada pelo pesquisador David Hudson e pelo Diretor do Centre For Fine Print Research, Stephen Hoskins. O departamento Centre For Fine Print Research foi criado em 2001, sendo um centro de pesquisa em Prototipagem rápida na área de materiais e processos. Em 2006 dois pesquisadores deste departamento, Stephen Hoskins e David Hudson iniciaram a pesquisa de materiais cerâmicos para serem utilizados em máquinas de prototipagem rápida. Durante a visita ao departamento houve a possibilidade de conhecer as instalações, os equipamentos, os trabalhos técnicos desenvolvidos na área de prototipagem rápida e acompanhar as etapas do processo de prototipagem em cerâmica desde o fechamento de um modelamento tridimensional até a sinterização da peça em forno elétrico.

Atualmente existem três possibilidades tecnológicas para fazer prototipagem rápida de peças em cerâmica: por meio de processos baseados em pó, em massa pastosa e em líquidos, esses processos necessitam de equipamentos que tem seus princípios de funcionamento divididos em: extrusão, aglutinação e sinterização seletiva a laser. As tecnologias de prototipagem rápida com material cerâmico serão descritos com mais detalhes a seguir:

#### Prototipagem rápida através de processo baseado em pó:

A prototipagem rápida por processo baseado em pó cerâmico foi desenvolvida pela University of West of England. Os pesquisadores David Hudson e Stephen Hoskins desenvolveram o pó cerâmico que pode ser utilizado em equipamento já existente no mercado. O equipamento utilizado para este tipo de prototipagem

rápida é da empresa Z-Corporation, especificamente o modelo Z-Corp. 310 (Ver Figura 01), que normalmente utiliza gesso como matéria-prima e que nesse caso é substituída pelo pó cerâmico. Os modelos 3D são criados nos softwares Rhinoceros ou SolidWorks <sup>1</sup>e posteriormente são salvos arquivos em formato STL<sup>2</sup>, esta extensão oferece a possibilidade do arquivo ser interpretado por qualquer sistema de prototipagem rápida. O Arquivo é enviado para o equipamento de prototipagem, onde o qual possui um sistema operacional que processa dividindo o modelo 3D em fatias (*layers*) e que posteriormente o envia para o equipamento de prototipagem que constrói a peça em camadas. (Ver Figura 02) .



Figura 01. Equipamento de Prototipagem Rápida. Modelo: Z – 310 do Fabricante Z-Corporation. Fonte: Arquivo Pessoal referente a visita no Centre For Fibe Print Research – UWE.



Figura 02. Processamento do modelo 3D em formato STL para envio do arquivo para equipamento de Prototipagem Rápida. Fonte: Arquivo Pessoal referente a visita no Centre For Fibe Print Research – UWE.

O princípio de funcionamento deste processo é a agregação do pó cerâmico por um aglutinante (*super bonder*) que é depositado por impressão tipo jato de tinta. Um rolo espalha e nivela o material e a cabeça de impressão movimenta-se nos eixos x e y depositando o aglutinante de acordo com a geometria do plano 2D da camada, este procedimento repete-se e a bandeja do equipamento movimenta-se no eixo Z, camada a camada, até a confecção total do modelo tridimensional (Ver Figura 03).

<sup>1</sup> Softwares de modelagem tridimensional mais conhecidos como sistemas CAD. (Computer Aided Design - Desenho auxiliado por computador). VOLAPTO. N. Prototipagem Rápida Tecnologias e Aplicações. Cap. Planejamento de processo para prototipagem Rápida Pág. 103.

<sup>2</sup> Formato considerado padrão para representar modelos tridimensionais virtuais através de uma lista não ordenada de triângulos irregulares que formam uma malha recobrindo todas as superfícies de um objeto. O arquivo STL guarda a representação numérica em ponto flutuante das coordenadas (X,Y,Z) dos vértices de cada triângulo. VOLPATO. N. Prototipagem Rápida Tecnologias e Aplicações. Cap. Planejamento de processo para prototipagem Rápida Pág. 106.

Este processo não necessita de material de suporte, logo que o próprio pó contido na bandeja ao redor da peça apresenta função de suporte natural (Ver Figura 04). Após prototipagem a peça é retirada cuidadosamente do equipamento, onde é feita uma limpeza com a ajuda de um pincel, passando por um exaustor que aspira o pó fazendo com que este retorne ao processo de prototipagem novamente. O protótipo cerâmico necessita passar por processo de secagem de aproximadamente 4 horas, para adquirir maior resistência mecânica e após este procedimento é realizada nova limpeza no protótipo. Posteriormente o protótipo segue para processo de sinterização em forno elétrico ou a gás.



Figura 03. Processo de prototipagem: o aglutinante é depositado pelo cabeçote para agregação do pó. Fonte: Arquivo Pessoal referente a visita no Centre For Fine Print Research – UWE.



Figura 04. Processo de prototipagem: o suporte natural da peça é o próprio pó utilizado para confeccionar o protótipo. Fonte: Arquivo Pessoal referente a visita no Centre For Fine Print Research – UWE.

Com relação às propriedades físicas do pó utilizado neste processo, é um pó extremamente fino, que passa por processo de atomização<sup>3</sup> e micronização<sup>4</sup>, e que apresenta granulometria altamente controlada.

Segundo Pesquisador David Huson, Diretor do Centre For Fine Print Research, as justificativas para tal pesquisa devem-se ao fato de que estudos realizados no departamento apontam que muitas empresas do segmento de louça- de mesa já adotam tecnologias digitais para a criação de produtos, principalmente no

<sup>3</sup> Processo onde a barbotina (massa cerâmica em estado líquido) é seca através da pulverização contra corrente em uma câmara de alta temperatura, transformando o material em pó com granulometria e umidade controlada.

<sup>4</sup> Moagem Ultrafina de produtos por meio de moinho com ar comprimido, com a função de melhorar as propriedades físicas dos materiais.

ferramental para produzir as matrizes (molde original) dos moldes em tornos CNC. Os protótipos feitos com material cerâmico aceleram o processo de desenvolvimento de produto, já que o mesmo permite uma interação real com o protótipo muito próxima do produto final, podendo ser facilmente modificado de acordo com as averiguações que ocorrem ao longo do projeto, adequando-se aos reais atributos técnicos e estéticos que o produto precisa possuir como materialidade.

Durante a entrevista realizada com o pesquisador David Huson, foi explicado que o Centre For Fine Print Research em parceria com a empresa Inglesa Denby fundada em 1809 e fabricante de produtos cerâmicos do segmento de louça de mesa, desenvolveram um projeto visando a inserção da prototipagem rápida na indústria cerâmica (Ver Figura 05). Este projeto teve duração de um ano (2011-2012) e algumas considerações foram sugeridas como pressuposições para a formatação do objetivo da pesquisa:

- O cliente no momento de escolha de um determinado produto deseja visualizar um protótipo com o material próprio de fabricação com acabamento, e se for o caso até a decoração final com o design de superfície da peça;
- O método para elaboração e produção de um modelo conceitual por meio das tecnologias tradicionais, além de demorado, pode ser extremamente caro;
- Utilizando a tecnologia de prototipagem rápida, facilmente é possível traduzir o modelo tridimensional virtual em um artefato cerâmico, que pode ser vidrado e decorado.



Figura 05 – Da esquerda para a direita: peça prototipada em ABS, peça prototipada em cerâmica, peça fabricada por processo cerâmico convencional. Fonte: Arquivo Pessoal referente a visita no Centre For Fibe Print Research – UWE.

O objetivo da pesquisa em questão foi unir o conhecimento e a experiência da empresa Denby, com a contribuição no que diz respeito ao design e ao processo de fabricação de produto, juntamente com o conhecimento técnico de impressão 3D em cerâmica do Centre For Fine Print Research e propor um estudo comparativo

utilizando a prototipagem rápida em ABS, na qual a peça seria utilizada como um modelo para posterior confecção de moldes de gesso, no outro caso utilizando à prototipagem rápida em cerâmica como protótipo final e no último caso a confecção do produto por processo cerâmico convencional. Foram também avaliadas as possibilidades de interação destes modelos físicos com usuários na tentativa de evidenciar qual deles representaria da melhor maneira todos os aspectos de um produto cerâmico.

Confirmou-se a possibilidade de uso da prototipagem rápida com material cerâmico, já que é possível otimizar o tempo de desenvolvimento do produto, pois se torna desnecessária a confecção de moldes, porém existem problemas técnicos e estéticos que precisam ser solucionados. Um problema comum encontrado refere-se aos ligantes constituintes dos modelos conformados pela fabricação digital, pois volatilizam logo após o início da queima, antes dos componentes cerâmicos iniciarem seu processo de sinterização. O ligante utilizado para aglutinar o pó é feito a base de cola tipo *super bonder*, que volatiliza a 180°C. Como a cerâmica inicia seu processo de sinterização somente a 550°C, existe um intervalo de aproximadamente 400°C, em que a peça permanece sem aglutinante, portanto extremamente frágil, dependendo da pouca compactação e empilhamento do pó conformado. Dependendo da geometria da peça, a falta de aglutinante pode comprometer os formatos desejados, pois perde a estrutura em conjunto, principalmente quando se tratam de espessuras finas, vazados, bojos e abóbodas (Ver Figura 06). Logo, para algumas geometrias será necessária a criação de contramoldes (suportes) para que no momento da sinterização a peça tenha um apoio capaz de suportar seu peso, e estrutura a peça (Ver Figura 07).

O Departamento desenvolveu três formulações de pó cerâmico: massa com coloração branca, terracota e massa com coloração creme; todas possuem a mesma formulação base e são acrescentados corantes. Segundo informação, as massas apresentam retração de queima de 12 a 18%, e provavelmente poderá estar associada a fundentes presentes nos corantes adicionados. O processo de prototipagem rápida alcança precisão de 0,2 décimos, e com relação à estética das peças foi possível perceber a sobreposição das camadas, assim como a aparência rugosa da superfície, devido a considerável porosidade da massa, demonstrando limitações do processo quando se deseja uma superfície lisa e densificada como a das porcelanas.



Figura 06. Deformações ocorridas nas peças fabricadas por prototipagem rápida em cerâmica. Fonte: Arquivo Pessoal referente a visita no Centre For Fine Print Research – UWE.



Figura 07. Suportes criados com a função de apoiar geometrias que tendem a desestruturar-se.. Fonte: Arquivo Pessoal referente a visita no Centre For Fibe Print Research – UWE.

#### Prototipagem rápida em cerâmica através de processo baseado em massa pastosa:

A prototipagem rápida por processo baseado em massa pastosa vem sendo desenvolvida pelo pesquisador e artista Jonathan Keep. Esta tecnologia trata da adaptação de um equipamento chamado Kit Rapman da empresa 3D Systems (Ver Figura 08), desenvolvida para a construção de modelos por processo de extrusão com o material acrilonitrila butadieno estireno (ABS).

O Pesquisador Jonathan Keep, substituiu o material de confecção do protótipo, no caso o ABS, por massa cerâmica vitrificável (Ver Figura 09) e vem utilizando este tipo de tecnologia para suas próprias experiências no segmento de cerâmica artística. Este tecnologia foi apresentada no Simpósio sobre o Futuro da Impressão 3D em Cerâmica em Março de 2012 em Londres no Centre For Fine Print Research na University of West Of England.



Figura 08 – Equipamento de Prototipagem Rápida Kit Rapman – Fabricante 3D Systems. Fonte: Arquivo Pessoal referente a visita no Centre For Fibe Print Research – UWE.



Figura 09 – Prototipagem rápida com massa pastosa cerâmica por processo de extrusão. Fonte: Arquivo Pessoal referente a visita no Centre For Fibe Print Research – UWE.

O pesquisador Jonathan Keep pesquisa há dez anos, as possibilidades de inserção das tecnologias de fabricação digital para confeccionar esculturas cerâmicas. Particularmente, seu interesse é pela compreensão dos sistemas naturais de padrões e códigos que podem ser geradas por programações aleatórias de softwares de modelagem virtual, ocasionando mutações naturais nos modelos computacionais que são submetidos a este processo.

O equipamento utilizado é composto por uma mesa retangular que se movimenta no eixo Z (altura) e o bico (seringa) que fica fixo em uma estrutura metálica, que se movimenta nos eixos X e Y. A seringa é apertada automaticamente, construindo uma camada por vez da peça, de acordo com a movimentação da mesa no eixo Z, em um processo contínuo, não há necessidade de esperar que a camada de baixo esteja seca.

Este tipo de processo não utiliza material de suporte, geralmente são conformadas peças onde a cuja geometria é predominantemente vertical, não são possíveis ainda formas abobadadas ou em balanço. Esta tecnologia não possui alto grau de precisão, a espessura mínima de construção da peça é de aproximadamente 2 mm, gerando modelos com superfície que não é homogênea, as peças possuem texturas características deste processo. Porém, é possível lixar e esponjar a peça conformada para obtenção da superfície lisa (Ver Figura 10).



Figura 10 –Peça prototipada com massa pastosa por processo de extrusão. Fonte: Arquivo Pessoal referente a visita no Centre For Fibe Print Research – UWE.

A massa cerâmica pastosa é expelida pelo bico do equipamento em uma velocidade que permita que a camada inferior seque o suficiente e dê estrutura para a camada que está em cima. Esta ação contribui para que a peça crie certa resistência mecânica evitando que ceda em determinados locais, críticos que em outros processos de prototipagem rápida exigiria a construção de suportes.

O protótipo pode sofrer alterações dimensionais, principalmente em relação à espessura da peça, pois necessita de acabamento manual na superfície. As peças prototipadas são frágeis, e após acabamento, a peça é submetida a processo de sinterização obedecendo as etapas produtivas de qualquer produto cerâmico.

Em algumas situações o Prof. Jonathan menciona que para protótipos com dimensões maiores, as peças são divididas no software e são prototipadas separadamente, em função do tamanho do equipamento. Posteriormente as partes são unidas por meio de técnicas convencionais e manuais de modelagem. Após a queima do biscoito os protótipos podem ser vidrados e decorados.

#### Prototipagem rápida em cerâmica através de processo baseado em líquido Layerwise Slurry Deposition (Deposição de camada controlada de barbotina)

A prototipagem rápida através de processo baseado em líquido foi desenvolvido pelo pesquisador Jurgen Gunster Heirich, na Universidade de Tecnologia Clausthal da Alemanha. O processo LSD – Layerwise Slurry Deposition (Deposição de camada controlada de barbotina) é um processo de fabricação digital que pode construir objetos tridimensionais a partir de modelos criados em softwares de modelagem 3D. O princípio de funcionamento do equipamento é a sinterização

seletiva a laser, que se apresenta da seguinte forma: a suspensão cerâmica (barbotina) é bombeada e através de uma lâmina raspadora ocorre a deposição da massa sobre uma base de azulejo aquecido. O material depositado é tão fino que aparenta ser uma fita cerâmica. Sobre esta “fita”, se incide um feixe de laser que sinteriza seletivamente as regiões onde se formará a peça cerâmica. O feixe de laser é controlado por um computador e por meio de um scanner, onde de acordo com o padrão de secções transversais do modelo CAD, o procedimento repete-se até que todas as camadas sejam construídas (Ver Figura 11). A sinterização a laser de cerâmica é um processo rápido devido aos materiais óxidos constituintes das massas cerâmicas, que absorvem efetivamente a radiação a laser de CO<sub>2</sub>. A massa utilizada nas pesquisas têm sido barbotina de porcelana, com distribuição granulométrica entre 1 - 1000 nm.



Figura 11 - Da esquerda para a direita, base de azulejo preparado para receber a primeira camada de barbotina, aplicação da camada de barbotina e sinterização do desenho na camada. Fonte: CD: Einführung in die Grundlagem der Keramischen Formgebung – Jurgen G. Heinrich.

Após confecção do protótipo, o bloco de construção que se forma é colocado em recipiente com água, logo a massa que está somente seca rapidamente se desintegra em meio aquoso, permitindo a remoção da peça rígida.

A profundidade de sinterização da camada é 0,1mm e a densidade da energia do laser é constante. A potência do Laser é de 50W, com velocidade de varredura de 85mm/s, e a eclosão no espaço de 0,6 mm. Os protótipos podem passar por procedimentos de pós-sinterização em fornos para adquirirem maior resistência mecânica.

Este tipo de tecnologia pode ter diversas aplicações como, por exemplo: fabricação de semicondutores, próteses ósseas e aplicações dentárias.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pode-se concluir que os três processos podem ser considerados promissores, porém somente dois continuam em desenvolvimento e com depósito de patentes, sendo estes processos baseados em pó e em massa pastosa. Não existem registros a respeito da continuidade de pesquisas sobre o processo de sinterização seletiva a laser.

Analisando e comparando os processos baseados em aglutinação de pó e em extrusão de massa pastosa, pode-se concluir que o processo baseado em massa pastosa não possui boa precisão na prototipagem, pois o filamento extrudado possui diâmetro de 2mm, com alto grau de tolerância. As camadas de construção do modelo físico são muito evidentes, necessitando passar por processo de acabamento por desbaste manual com lixa. A perda de material por este processo não garante precisão dimensional da peça e, portanto, este processo não pode ser indicado para peças que necessitem de encaixes. Uma das desvantagens deste processo é a impossibilidade de construir formatos que necessitem de apoio, por exemplo, asas de xícaras. Tampouco o uso de suporte com a mesma massa resolveria o problema de formatos em balanço ou abobadados, já que a peça correria grandes riscos de quebra no momento de retirada do material de suporte.

O processo baseado em pó possui melhor precisão, aproximadamente 0,2mm. Neste tipo de prototipagem o próprio pó contido na bandeja de prototipagem funciona como suporte natural, fornecendo apoio para as regiões onde se faz necessário. Esta tecnologia ainda apresenta algumas limitações, em decorrência da faixa de temperatura que vai de 180°C (volatilização do aglutinante) até 550°C (início do processo de sinterização da massa cerâmica com sua gradual compactação). Nesta faixa de temperatura as partículas do pó permanecem apenas justapostas sem nenhuma aderência, ou seja, a peça encontra-se extremamente frágil. Esta dificuldade já vem sendo solucionada com a utilização de suportes em regiões que necessitem de apoio durante o processo de queima.

Em relação ao acabamento da superfície e aos aspectos estéticos, as peças conformadas por processo baseado em aglutinação de pó também precisam ser melhoradas, pois apresentam bastante rugosidade na superfície e alta porosidade. Mesmo após o acabamento, e com a queima da peça cerâmica é possível perceber visualmente e pelo tato uma superfície não homogênea, de aspecto granulado. (Ver

Figura 12) Esta percepção das características da matéria e dos níveis de acabamento faz parte das habilidades do designer. “O Designer precisa desenvolver o olhar clínico do que se percebe quando se olha” (BONSIEPE, 2011, P.165). Ao optar pelo uso de determinada tecnologia, o designer precisa compreender as limitações do processo, tirando proveito e assumindo a característica no desenho, ou utilizando a ferramenta para construção de modelos em fases iniciais de projeto. Desta maneira, os modelos conformados pelo processo de prototipagem rápida por aglutinação de pós são bastante adequados para análise volumétrica, servem como modelos preliminares. O protótipo em material cerâmico deve representar fielmente as características materiais desejadas de um produto cerâmico e especificadas em projeto, tanto no que se refere a questões técnicas de desempenho e usabilidade, quanto aos atributos estéticos relativos à aparência do produto final, sua sonoridade, aspecto tátil. É justamente para alcançar este tipo de refinamento que as tecnologias de prototipagem rápida necessitam avançar.

Um designer industrial prestará atenção aos detalhes minuciosos de um produto, tais como encaixe, juntas, encontro de materiais, arestas e encontro de curvas. Eles servem como indicador da qualidade do projeto e do acabamento, coisas que passariam despercebidas a um não especialista. Essa capacidade de diferenciação não é uma habilidade misteriosa, mas o resultado da aprendizagem. (BONSIEPE, 2011, p.165).



Figura 12 – Protótipo em cerâmica obtido por processo baseado em pó, Peça sem esmaltada. Fonte: Arquivo Pessoal referente a visita no Centre For Fibe Print Research – UWE.

A prototipagem rápida em cerâmica pode ser considerada um avanço no que diz respeito às possibilidades de utilização como ferramenta de apoio ao design de produto, quer seja eliminando o uso de moldes, quer seja permitindo a geração de peças de geometria complexa, ou ainda antecipando a coleta e análise de informações a partir da materialização de idéias. (Ver Figura 13).



Figura 13 - Prototipagem rápida em cerâmica através de processo baseado em pó. Geometrias internas impossíveis de serem prototipadas por processo cerâmico convencional. Fonte: Arquivo Pessoal referente à visita no Centre For Fibe Print Research – UWE.

Mesmo assim, o uso destas tecnologias não pode ser motivado simplesmente pelo deslumbramento do avanço tecnológico. Para obtenção de protótipos, há muito que evoluir, a fim de se chegar a resultados similares aos obtidos nos processos convencionais de conformação, empregados na indústria cerâmica, por mais morosos que sejam. A obtenção de protótipos que representam fielmente o produto que está sendo projetado favorece a avaliação e coleta de informações a partir da verificação da interface entre o produto e o usuário, auxiliando a tomada de decisões até a aprovação para sua produção industrial.

### 3.2.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONSIEPE, Gui – Design Cultura e Sociedade. Barcelona. Gustavo Gilli. Tradução: Itirolida. São Paulo. Editora Edgard Blucher 2012

GORNI, A. A. Introdução a Prototipagem Rápida e seus processos. Disponível em: <http://www.gorni.eng.br/protrap.html>. acessado em: 31/07/2010.

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

VOLPATO, Neri. Prototipagem Rápida: Tecnologias e aplicações. São Paulo:EdgardBlucher, 2007.

*Study of rapid prototyping technologies in ceramics. Possibilities and limitations on design projects.*

#### **ABSTRACT**

*The aim of this paper is to present technical information about rapid prototyping processes using ceramic materials. It also looks at some precursors in research field of rapid prototyping in ceramics and their experiences. It shows different principles of technology operation, and their specificity on manufacturing prototypes, concerning to physical and aesthetic characteristics of ceramic clay, as well as the possibilities of use of prototypes, obtained on design process.*

*Keywords: Rapid prototyping, rapid prototype, ceramic material, digital technologies, 3D modeling, physical models.*