



## UTILIZAÇÃO DA PROTOTIPAGEM RÁPIDA NA INDÚSTRIA DE PLÁSTICO: UM CASO DE APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS<sup>1</sup>

Anael Silva Alves<sup>2</sup>

João Marcos Bittencourt<sup>3</sup>

Felipe Lopes<sup>4</sup>

Francisco José de Castro Moura Duarte<sup>5</sup>

### Resumo

A prototipagem rápida tem se firmado como uma tendência tecnológica para economizar tempo e reduzir custos no desenvolvimento de produtos, em particular na indústria de plástico. Essa tecnologia permite a rápida geração de modelos físicos a partir de modelos virtuais tridimensionais gerados em sistemas CAD, possibilitando avaliar e testar conceitos, formas, encaixes e técnicas construtivas independente das suas complexidades. Baseando-nos na experiência de uma empresa de desenvolvimento e produção de tampas plásticas, neste artigo buscamos demonstrar as vantagens do emprego dessa tecnologia. A partir de entrevistas com os projetistas constatamos que a empresa utiliza serviços terceirizados na confecção de custos moldes-protótipo para injetar peças de teste para avaliações de geometria e utilização, e apresentações junto a clientes. Este investimento é importante na identificação de erros de projeto antes da produção, porém com a capacidade de gerar modelos tridimensionais precisos para o mesmo propósito, a prototipagem rápida se apresenta como uma alternativa de custo muito reduzido. Desta forma, são permitidos vários ciclos de correção no projeto para que chegue melhor definido à etapa de confecção do molde. Concluímos que as vantagens apresentadas são decisivas para reduzir as incertezas durante o desenvolvimento do produto, evitando perdas de tempo e aumento de custos com mudanças críticas em etapas avançadas de projeto e modificações em moldes após sua confecção.

**Palavras-chave:** Prototipagem rápida; Desenvolvimento de produtos; Plástico.

### UTILIZING RAPID PROTOTYPING IN THE PLASTIC INDUSTRY: A CASE OF APPLICATION IN THE PACKAGING INDUSTRY

#### Abstract

Rapid Prototyping have been establishing itself as a technological trend for reduced time and costs on product development, particularly in the plastic industry. This technology allows a quick generation of physical models from virtual tridimensional models created in CAD systems, enabling evaluations and tests of concepts, forms, fittings and constructive technologies independently of its complexity. Based on the experience of a company specialized on the production of plastic caps, we intend to demonstrate the advantages of the application of the rapid prototyping technologies. Through interviews with designers we could verify that the company invests on costly prototype molds made by service providers, to produce testing parts to evaluate geometry and usability and to present to clients. This investment is important for the identification of design problems before production, but with allowing the generation of tridimensional models for the very same purpose, rapid prototyping presents itself as a cheaper alternative. Thus many design correction cycles can be undertaken throughout the development of the product, so when it gets to the mold building phase it can be much better defined. We conclude that the advantages presented are decisive to reduce uncertainty during product development, avoiding time waste and costly changes in advanced design phases or mold modifications after it's already built.

**Key words:** Rapid prototyping; Product development; Plastic.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 10º Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes, 8 a 10 de agosto de 2012, São Paulo, SP.

<sup>2</sup> Desenhista industrial. Mestrando Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

<sup>3</sup> Desenhista industrial. Doutorando em Engenharia de Produção na UFRJ.

<sup>4</sup> Desenhista industrial. Mestrando em Engenharia de Produção na UFRJ.

<sup>5</sup> Engenheiro de Produção. Doutor, Prof. adjunto em Engenharia de Produção na UFRJ.



## 1 INTRODUÇÃO

Na era da informação e da velocidade de comunicação, o mercado não admite que se perca tempo no desenvolvimento de novos produtos. Empresas que não agilizam seus processos desde a concepção até o lançamento de seus produtos, veem-se superadas por concorrentes ou até mesmo pela evolução da tecnologia.

Desta forma, a redução do tempo necessário para o projeto e desenvolvimento encontra obstáculos que por vezes vão além da capacidade individual de seus responsáveis, esbarrando em dificuldades como a comunicação e compreensão entre membros da equipe de projeto ou entre a equipe e atores externos que se fazem importantes nos momentos de tomada de decisão, como pessoal de marketing, vendas ou até mesmo clientes e consumidores. Estas dificuldades se dão por questões que vão desde a falta de treinamento técnico nas formas de comunicação específicas habitualmente utilizadas entre projetistas, como desenhos técnicos, esquemas e modelos virtuais em três dimensões, até altos níveis de complexidade que certos projetos podem alcançar e que podem dificultar a compreensão até mesmo para os mais experientes projetistas.

É neste cenário que os protótipos se mostram extremamente úteis, permitindo a manipulação e visualização direta de produtos ou de partes de produtos que poderão ser mais bem analisadas pelos envolvidos no processo de desenvolvimento de produto (PDP). No entanto as tecnologias tradicionais para a produção de protótipos, como a usinagem ou a fabricação de moldes piloto podem ser caras ou demandar um tempo que muitas vezes a empresa não pode se dar ao luxo de gastar.

Desta forma, ao permitir a geração de modelos tridimensionais físicos de alta complexidade a partir de modelos virtuais gerados em sistemas CAD, e ao utilizar apenas uma fração do tempo e do custo necessários para fazê-lo através de outras técnicas ou tecnologias, a Prototipagem Rápida (PR) tem-se mostrado excelente alternativa para acelerar e tornar eficiente a comunicação durante os processos de desenvolvimento de produtos, permitindo inclusive a execução de ensaios em túneis de vento e testes usabilidade junto a consumidores, além de ser cruciais para a detecção de questões relativas à produção e definição de ferramental. Segundo Volpato et al.,<sup>(1)</sup> estima-se que a economia de tempo e de custo na elaboração de protótipos seja na ordem de 50%-90% com o uso de tecnologias de PR dependendo da complexidade do objeto.

Buscamos aqui demonstrar as vantagens do emprego dessas tecnologias, através do relato de um caso bem sucedido da utilização da PR no projeto e desenvolvimento de um produto, seguido de uma reflexão sobre os resultados obtidos e uma comparação destes resultados com o que é dito sobre o tema na literatura.

### 1.1 Definições

Um protótipo é um modelo tridimensional físico ou virtual que integra funcionalidades de um produto.<sup>(2)</sup> Protótipos são construídos com a finalidade de responder uma pergunta específica (por exemplo, testar o funcionamento de uma tecnologia ou ajudar a determinar processos produtivos) ou para validar características estabelecidas em projeto.<sup>(3)</sup> Denomina-se prototipagem rápida todo processo de construção de modelos tridimensionais físicos através de processo de adição de material, em contraponto às tecnologias tradicionais que utilizam a subtração de



material para o mesmo fim, como o fresagem e o torneamento, ou outras que utilizam força mecânica para tal, como o forjamento.

O processo de adição de material ocorre em sucessivas camadas planas e se inicia com o modelo virtual desenvolvido em sistema CAD. Esse modelo é “fatiado” eletronicamente pelo sistema do equipamento de prototipagem gerando assim uma série de curvas de nível 2D. Essa informação é utilizada pelo equipamento para determinar onde existe ou não material para ser adicionado, que por sua vez irá, a partir da camada mais baixa adicionando material, nível à nível, até que o modelo virtual seja completamente reproduzido. A Figura 1 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** reproduz graficamente o processo.

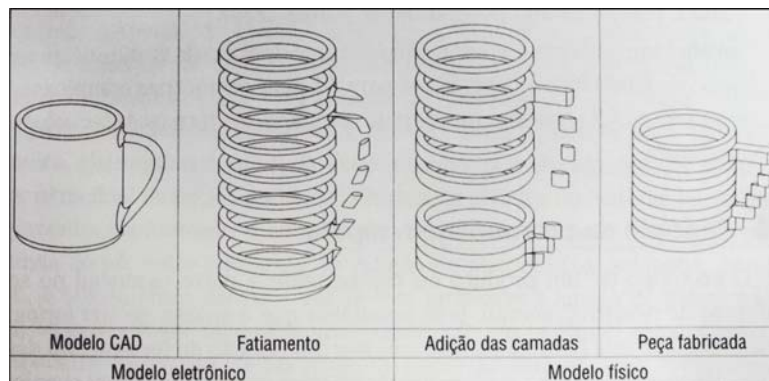


Figura 1. Representação das principais etapas do processo de manufatura por camada.<sup>(1)</sup>

## 1.2 Vantagens da Prototipagem Rápida

As tecnologias de prototipagem rápida têm tornado rápido e simples a obtenção de modelos e protótipos de produtos em desenvolvimento, que anteriormente eram custosos e demorados. Desta forma, sua utilização se tornou mais presente em várias etapas do PDP, desde as avaliações dos primeiros conceitos aos testes de mercado. O uso destas tecnologias tem sido especialmente importante no desenvolvimento de produtos complexos e com grande potencial inovador, em que o uso dos meios de representações físicas tem um papel chave.<sup>(1)</sup>

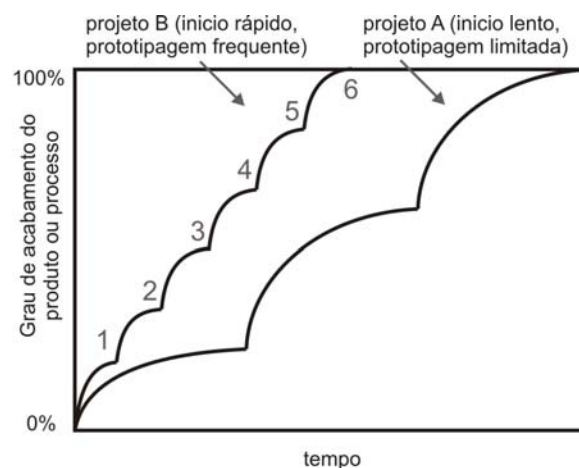
A utilização de protótipos rápidos facilita a visualização da ideia, não importa o quão experiente um projetista seja em leitura de desenho técnico, quando se trata de um projeto complexo, sempre haverá partes de difícil compreensão. É mais fácil assimilar uma informação projetual com um modelo tri-dimensional do que através de representações técnicas bidimensionais.<sup>(4)</sup> Em vários trabalhos constata-se como a produção de protótipos rápidos é essencial para identificação de problemas e aperfeiçoamento do produto em etapas de pré-produção. Diegelo, Xu e Potgieter<sup>(5)</sup> relatam a utilização de protótipos rápidos no projeto universitário de um mini-refrigerador de bolso para diabéticos portarem insulina em viagens. Na experiência descrita, os projetistas identificaram problemas técnicos do projeto que só foram visualizados após a montagem do protótipo, como o problema de superaquecimento dos componentes que exigiu uma reformulação do sistema de ventilação do produto. Oliveira<sup>(6)</sup> relata um projeto de transportador de garrafas em que os protótipos foram utilizados para avaliar a usabilidade do produto com trabalhadores e testar engates mais eficientes para o sistema de pega de garradas. Lopez e Wright<sup>(7)</sup> descrevem o aperfeiçoamento de um projeto de vídeo-games portátil a partir de testes com consumidores. Baseado no feedback dos consumidores a empresa reformulou seu produto de acordo com os indicativos de preferência identificados no teste. Todos



esses projetos se beneficiaram da obtenção de informações sobre o projeto obtidas em etapas iniciais do desenvolvimento que permitiram a antecipação de problemas antes de investimentos de ferramental.

A utilização de protótipos rápidos também serve para integrar diferentes equipes por ser um meio de comunicação e uma base de informação comum.<sup>(8)</sup> Isso pode ocorrer, por exemplo, na realização de montagem nas primeiras fases de projeto, avaliando como diferentes peças podem trabalhar bem em conjunto e identificar problemas. Um segundo exemplo similar seria a facilitação ao tratar com empresas terceirizadas, a análise de protótipos pode facilitar uma empresa a cotar e projetar um molde para injeção de forma mais precisa e rápida.<sup>(1)</sup>

Barkan e lansiti<sup>(8)</sup> conduziram uma pesquisa com várias empresas analisando os efeitos da execução de vários ciclos de prototipagem ao longo do desenvolvimento de produto. Esse estudo demonstra que o uso frequente de protótipos ao longo do desenvolvimento é uma ferramenta para aumentar a confiabilidade do projeto. Segundo os autores, cada ciclo de prototipagem realizado gera novas informações que ajudam a direcionar o foco do desenvolvimento do produto e antecipar decisões do projeto (Figura 2). Esse aumento de informação pode ser traduzido na antecipação de problemas de projeto, teste de diferentes conceitos tecnológicos, verificação de ideias para melhorar o produto ou entre outras ações que sirvam de base para outras tomadas de decisão em etapas mais avançadas do projeto.



**Figura 2.** Padrão de aprendizado acelerado com uso da prototipagem rápida.<sup>(8)</sup>

Antecipar problemas de projeto não são apenas importantes para o aumento de confiabilidade do projeto, mas também para a redução de custo de projeto. O estudo de Baxter<sup>(9)</sup> mostra que o custo de alterações em fases iniciais do projeto são substancialmente menores que alterações realizadas em etapas finais. Desta maneira, toda informação gerada em etapas iniciais de projeto que permitam a antecipação de correções representam uma significativa redução de custo. Além da redução de custo, em etapas iniciais do projeto a possibilidade de realizar alterações é maior visto que implicam em um menor investimento em termos de alteração ao que foi decidido ou de investimentos (como a encomenda de um novo molde). O gráfico apresentado por Barkan e lansiti<sup>(8)</sup> ilustra que a flexibilidade de alteração em etapas iniciais de projeto é muito maior (Figura 3). Além disso, os autores afirmam que em função do custo de alterações em fases avançadas de projeto, essas alterações tendem a se restringir à esfera de pequenos ajustes. Quando questões



mais significativas são identificadas, essas alterações tendem a ficar para a próxima geração de produto.

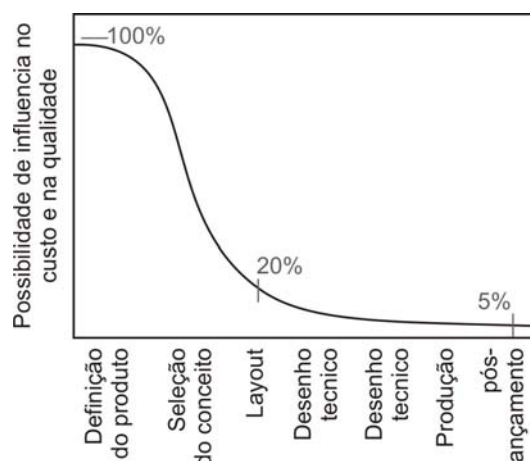


Figura 3. Redução de flexibilidade de modificações em projeto.<sup>(8)</sup>

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O caso descrito teve como base a experiência do desenvolvimento de um sistema “anticriança” para embalagens (Figura 4). Esse sistema foi desenvolvido por uma empresa de embalagens no Rio de Janeiro focada no desenvolvimento de embalagens plásticas especiais. O relato da história do desenvolvimento desta tampa e a importância da utilização da prototipagem rápida foi construído em entrevista com um dos projetistas que participou do desenvolvimento do projeto e do projetista de moldes da empresa.



Figura 4. Tampa “anticriança” desenvolvida.

## 3 RESULTADOS

A motivação para o desenvolvimento da tampa “anticriança” foi de disponibilizar um sistema de segurança melhor do que existem atualmente, que para serem abertas, precisam de uma pressão para serem rosqueadas e abertas, sem a pressão, a tampa gira em falso e não abre. A tampa desenvolvida pela empresa funciona com duas abas laterais que, quando pressionadas, soltam a tampa para livre abertura (funcionamento ilustrado na Figura 5). A tampa desenvolvida pela empresa é consideravelmente mais leve e é produzida em apenas um ciclo de injeção, diferente da tampa de “rosqueamento” que é composta por elementos diferentes que precisam ser montadas.



**Figura 5.** Sistema de funcionamento da tampa “anticriança”.

A empresa não possui um equipamento de prototipagem rápida, mas contrata o serviço de terceiros durante o desenvolvimento de seus projetos. Em todo o projeto são produzidos diversos protótipos, produzidos tanto em prototipagem rápida ou em molde piloto<sup>1</sup>, a depender do estágio de desenvolvimento do produto. A avaliação do projetista do uso da prototipagem rápida é bastante positiva porque o recurso permite a identificação de erros no projeto.

Durante o relato foram apresentados cinco protótipos que foram produzidos ao longo do projeto e que permitiram reconstruir a história do desenvolvimento da tampa. Os cinco protótipos apresentados encontram-se na Figura 6 em ordem cronológica. O primeiro, de cor bege, foi o primeiro protótipo a ser feito, quando na época se destinava à uma embalagem de repelente, e foi produzido em prototipagem rápida com tecnologia FDM. O segundo e o terceiro protótipos, respectivamente das cores vermelho e verde, estão cronologicamente mais próximos um do outro, e foram obtidos através de molde piloto. O protótipo verde representou as etapas finais do desenvolvimento da tampa, quando a primeira geração da tampa foi lançada no mercado. O quarto protótipo foi obtido em prototipagem rápida com tecnologia FDM. Em sua elaboração já foram incorporados mudanças percebidas após o lançamento do produto. Por fim, o quinto protótipo foi obtido por injeção de plástico e representa a segunda geração da tampa. Para o presente trabalho serão descritas algumas alterações importantes de projeto ocorridas na aba a partir de análises realizadas nos protótipos. A importância do sistema de abas nesta tampa é um diferencial no produto desenvolvido pela empresa que permitiu o novo conceito de tampa “anticriança”.



**Figura 6.** Protótipos apresentados para o relato do desenvolvimento da tampa.

<sup>1</sup> Um molde piloto é um molde mais simples que o molde para produção, feito para produção de protótipos. Um molde de tampa plástica para produção, por exemplo, pode produzir por ciclo de injeção mais de 20 peças, enquanto um molde piloto é feito para produzir um ou dois e ser usado em máquinas com menor capacidade.



A primeira vantagem destacada pelo projetista está no custo da prototipagem rápida em relação a encomendar um molde piloto. Encomendar um protótipo de uma tampa custa em torno de 200 reais à 300 reais e fica disponível para análise dentro de uma semana. Encomendar um molde piloto custa em torno de 70 mil reais e demanda meses entre o envio do projeto do molde ao fornecedor e protótipo piloto injetado em mãos. Desta forma, a possibilidade de gerar ciclos de análise do projeto usando a prototipagem rápida permite identificar e corrigir problemas no projeto antes de encomendar o molde.

O projetista também apontou a importância do recurso da prototipagem em permitir visualizar melhor o projeto que está sendo desenvolvido e identificar problemas que de outra maneira não seriam possíveis. Com o protótipo em mãos é possível identificar aspectos que realidade virtual não permite. As diversas mudanças realizadas nas abas das tampa ilustram essa dimensão de análise tátil do projeto. Por exemplo, apenas quando foi encomendado o primeiro protótipo rápido para teste foi possível perceber que as abas das tampas estavam pequenas demais, dificultando assim a abertura da tampa. A partir da análise do protótipo os projetistas puderam propor novas geometrias de aba mais confortáveis e eficientes, mas que ainda viriam a sofrer novas mudanças no futuro em novos protótipos.

Após o ciclo de análise com a prototipagem rápida a empresa decidiu investir em um molde piloto, originando assim o protótipo vermelho apresentado na Figura 5. Quando esse protótipo foi realizado, os projetistas achavam que já tinham realizados todos os ajustes necessários no produto. Na realidade, com a análise da peça vermelha os projetistas identificaram novos problemas. Uma delas foi que as paredes estavam muito finas e a tampa estava muito flexível. O ajuste para o protótipo seguinte (verde) foi de frações de milímetros, mas que já atingiu o resultado desejado. Esse tipo de problema dificilmente teria sido identificado com a prototipagem rápida visto que os materiais de injeção e da prototipagem são diferentes, e conseqüentemente, as resistências do material também. Entretanto, os testes anteriores ao “molde vermelho” permitiram que esse segundo teste fosse realizado com menos incertezas e muito mais próximos do produto final do que se fosse pulada a etapa de teste com prototipagem rápida.

As Abas também sofreram alterações no sentido de facilitar seu manuseio. Nos testes de uso realizados entre os projetistas com o protótipo vermelho, observou-se que ocasionalmente as abas escorregavam das mãos. Para evitar que a aba escorregasse dos dedos foi incluído uma cavidade para aumentar a área de contato, originando a aba observada no protótipo verde. Os testes de uso realizados revelaram que a alteração de fato melhorou o contato, entretanto, a cavidade machucava os dedos. Depois de várias análises, foi levantada a possibilidade de que a dificuldade de pegar a aba não estava em sua forma, mas em sua inclinação. As abas originalmente eram inclinadas para dentro, o que induzia os dedos a escorregarem. Em um novo protótipo rápido (o quarto protótipo apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**) a aba foi alterada com a eliminação da cavidade e deixando-a lisa. As alterações resolveram o problema e a tampa ficou mais fácil de ser manuseada, sendo essa uma alteração incorporada na segunda geração da tampa (Figura 7).



**Figura 7.** Comparação do gancho da aba nas peças vermelha e verde.

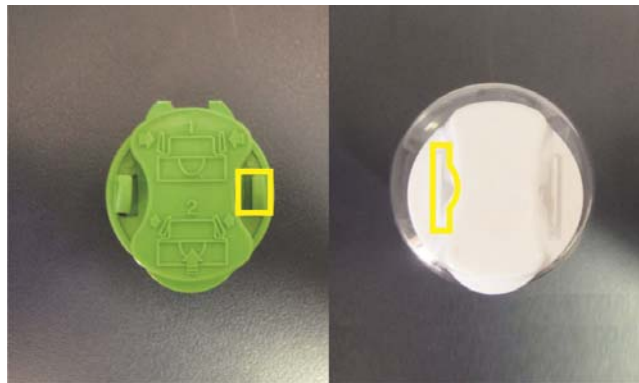
Entre o protótipo vermelho e o protótipo verde houveram alguns modelos intermediários. Esses modelos foram obtidos através de ajustes realizados diretamente no molde piloto que gerou o modelo vermelho. Apesar da empresa não possuir infraestrutura para produzir seus moldes, eles possuem ferramentaria e experiência para realizar ajustes e manutenção. Esse tipo de competência é importante para prolongar a vida útil dos moldes de produtos da empresa, assim como, realizar pequenos ajustes nos produtos existem quando necessário. No que tange a fase de desenvolvimento, esses ajustes no molde possibilitam que os projetistas possam realizar pequenas correções no produto com o intuito de evitar ao máximo ter que produzir um segundo molde piloto – o que representa mais custo e tempo. Esses protótipos produzidos permitem novos ciclos de análises e ajustes, porém, os recursos de ajuste diretamente no molde possuem limites técnicos e determinados tipo de alteração são simplesmente inviáveis.

Segundo o relato dos projetistas, os protótipos rápido também facilitam a apresentação do produto para outros atores de projeto, em particular para aqueles sem formação em projeto - como profissionais de venda e marketing, que apresentam dificuldade em ler um desenho técnico. Esses outros atores de projeto também são fontes de informação preciosas para o projeto e suas percepções influenciam positivamente o seu desenvolvimento.

Sempre que a empresa tem uma nova proposta, eles organizam reuniões com pessoas de vários departamentos da empresa para que possam trazer novas perspectivas e emitir opiniões. Essas reuniões envolvem pessoas que estão envolvidas com o desenvolvimento do projeto e outras que não, como representantes de venda, de qualidade e de montagem.

Em uma destas reuniões, uma pessoa do departamento de vendas deu uma sugestão de melhoria percebida após passar alguns dias com um protótipo em casa testando. A questão levantada era a fragilidade das abas, caso a embalagem viesse a cair no chão a abas poderiam ser danificadas, perdendo o fechamento da tampa. Para resolver essa fragilidade, os projetistas incorporaram um reforço nas abas para evitar que elas empenem ou quebrem em caso de sofrerem muito esforço (Figura 8).





**Figura 8.** Incorporação da proteção das abas no protótipo branco.

Os protótipos rápidos também são bastante utilizados para fazer apresentações para clientes. Segundo a experiência do projetista, muitos clientes têm dificuldade de entender representações técnicas dos projetos, mesmo quando acompanhadas de imagens virtuais bastantes reais e ocasionalmente vídeos. Com o protótipo rápido em mãos, muitas dúvidas do cliente são eliminadas mais rapidamente.

A produção de protótipos também é muito útil para visualizar situações que em papel ou representações virtuais seriam difíceis de serem percebidas. Na figura anterior é possível notar que no topo do protótipo verde tem duas gravuras que explicam a abertura da tampa. Quando o protótipo verde foi feito, perceberam que esse relevo ficou muito alto e essa altura seria alterada para a próxima peça, provavelmente, fazendo apenas uma diferenciação de texturas. Assim como a percepção da espessura da parede na peça vermelha, mais uma vez se trata de um ajuste fino que apenas com o protótipo em mão foi possível perceber que o ajuste seria necessário.

## 4 DISCUSSÃO

A primeira vantagem destacada pelo projetista está na economia de tempo e custo da prototipagem rápida em relação a encomendar um molde piloto. Um protótipo rápido de tampa plástica custa em torno de 200 à 300 reais quando feito com terceiros, e o tempo de entrega fica em torno de uma semana. Se a empresa possuísse o sistema disponível para a equipe de desenvolvimento esse tempo de produção do protótipo cairia para algumas horas. A produção de um molde piloto consome mais tempo porque após projetar a peça é preciso projetar o molde em si. Em seguida é preciso aguardar que o molde seja feito e enviado por um fornecedor externo, processo que consome mais algumas semanas. Além da diferença de tempo, a diferença de custo também é substancial ao compararmos um protótipo rápido de 300 reais e um molde de 70 mil reais.

Porém é preciso destacar que o protótipo rápido de maneira nenhuma substitui o protótipo feito em molde piloto. Existem dimensões do projeto que não podem ser avaliados com um protótipo rápido em função do material e do processo serem diferentes. Essa limitação foi observada com as modificações das abas e as alterações de parede da peça realizadas apenas após o modelo em protótipo piloto. A vantagem da prototipagem rápida não está em eliminar a necessidade de um modelo piloto. Realizar protótipos rápidos antes de investir em um molde piloto permite identificar problemas mais rapidamente ao analisar um protótipo que ficará



disponível para análise num período de tempo muito menor e por uma fração do custo. Desta maneira, é possível gerar ciclos de aprendizados mais curtos,<sup>(8)</sup> permitindo realizar um investimento em um molde piloto de um projeto mais maduro que já tenha passado por um processo de revisão anterior.

Os protótipos rápidos também facilitam a percepção do produto por atores sem experiência em projeto que compreendem com mais dificuldade um projeto a partir de uma representação técnica. Em função do custo reduzido dos protótipos rápidos, é possível gerar modelos de análise em fases iniciais do desenvolvimento. Desta forma é mais fácil integrar esses atores mais cedo ao projeto, criando assim uma oportunidade de integrar novos conhecimentos e pontos de vista ao projeto.

O mesmo vale para experiência da empresa em apresentar conceitos de produtos a clientes externos. Em projetos ainda no início que correm o risco de serem abordados não é viável realizar um investimento para a produção de protótipo piloto, entretanto, é perfeitamente viável produzir um protótipo rápido para apresentação a clientes. Esse tipo de investimento ajuda a empresa a transmitir o conceito do produto desenvolvido, permitindo que o cliente possa não apenas ver simulações em realidade virtual de seu produto, mas também manuseá-lo.

Outro fator em que a prototipagem rápida ajuda indiretamente no processo de desenvolvimento de produto é a redução de ajustes em moldes. Quando são gerados vários ciclos de aprendizado nas fases iniciais é mais provável que os modelos pilotos apresentem menos aspectos a serem ajustados. A redução da necessidade de correções que demandem um novo molde piloto é essencial, mas a redução de alterações num molde existente também é bastante desejável por representar uma redução de demanda de trabalho do setor e utilização de recursos para desempenhar a tarefa.

## 5 CONCLUSÕES

Com base na experiência da empresa apresentada podemos apontar duas grandes vantagens da utilização da prototipagem rápida durante o PDP. A primeira diz a respeito ao uso da tecnologia como um recurso de redução de incertezas em relação ao projeto. Realizar protótipos rápidos em fases iniciais do projeto permite analisar o projeto e antecipar correções. Esses ciclos de análise são fundamentais se produzir informações que servirão de base para tomadas de decisão no projeto. Sem o uso da prototipagem rápida, muitas das informações adquiridas pelos projetistas só poderiam ser incorporadas ao projeto após o investimento em molde piloto. O uso da prototipagem rápida permite que projetistas possam antecipar informações acerca do projeto e realizar um investimento em um molde piloto com o nível maior de certeza em relação ao produto em desenvolvimento.

O segundo fator, amplamente apresentado na literatura acerca do uso de prototipagem rápida, está relacionado à redução de tempo e custo de projeto. A possibilidade de gerar protótipos desde o início do processo de desenvolvimento de produto para identificar erros e realizar correções antes de investimentos pesado em fermentaria representa uma economia de recursos e tempo significativa. Mesmo que um protótipo rápido não represente na totalidade as características do produto (como por exemplo, propriedades mecânicas), seu uso permite a antecipação de uma série de problemas. Neste sentido, consideramos vantajoso realizar o investimento em produzir vários protótipos rápidos que demandam uma fração do custo e do tempo da produção de um molde piloto com o intuito de reduzir o investimento realizado em vários moldes e possíveis ajustes subsequentes.



A utilização da tecnologia de prototipagem rápida tem se tornado uma tendência cada vez mais forte no cenário internacional diante das vantagens possibilitadas pelo uso da tecnologia durante o processo de desenvolvimento de produto. Segundo dados do Wohlers Report,<sup>(10)</sup> empresas em países com forte desenvolvimento industrial como EUA, Japão, China e Alemanha têm cada vez mais investido no uso e aquisição deste tipo de tecnologia. O relatório aponta esses quatro países como a maior concentração deste tipo de tecnologia, enquanto no Brasil, apesar do crescimento observado, ainda apresenta uma participação de uso pouco significativa. Além disso, diferentes fornecedores de tecnologia de prototipagem rápida vêm cada vez mais oferecendo novos equipamentos capazes de produzir protótipos em diferentes materiais, apresentando características mais similares as ao produto final e por um custo menor.<sup>(1)</sup>

As vantagens da utilização da prototipagem rápida durante o processo de desenvolvimento de produto ainda começa a ser descoberto pela indústria brasileira. Mesmo pequenas e médias empresas como a analisada neste trabalho já começam a incorporar esse recurso tecnológico com o intuito de desenvolver novas fontes de vantagem competitiva e, assim como observado na experiência internacional, elas vem obtendo resultados positivos. Esperamos que cada vez mais essa tendência tecnológica seja absorvida por empresas que desenvolvem e produzem produtos no mercado brasileiro.

## REFERÊNCIAS

- 1 VOLPATO, N., AHRENS, C.H., PETRUSH, G. et ali. Prototipagem rápida – tecnologias e aplicações. 1 ed., São Paulo: Blücher. 2007.
- 2 WALL, M.B., ULRICH, K.T., FLOWERS, W.C. Evaluating Prototyping Technologies for Product Design. Research in Engineering Design, v.3 p.163-177. 1992.
- 3 SANTOS, J.R.L. Modelos tridimensionais físicos no desenvolvimento de produtos dissertação de mestrado, COPPE, UFRJ. 1999.
- 4 ONUH, S.O., YUSUF, Y.Y. Rapid prototyping technology: applications and benefits for rapid product development. Journal of Intelligent Manufacturing, v.10 p.301-311. 1999
- 5 DIEGEL, O., XU, W.L., POTGIETER, J. A case study of rapid prototype as design in educational engineering projects. International Journal of engineering Education, v.22, n.2 p.350-358. 2006.
- 6 OLIVEIRA, M.R.R. Representação tridimensional física e virtual no processo de desenvolvimento de produto – caso do transportador de garrafas. dissertação de mestrado, COPPE, UFRJ. 2004.
- 7 LOPEZ, S. M., WRIGHT, P.K. The role of rapid prototyping in the product development process: A case study on the ergonomic factors of handheld video games. Rapid Prototyping Journal, v.8, n.2, p. 116–125. 2002
- 8 BARKAN, P., IANSITI, M. Prototyping: a tool for rapid learning in product development. Concurrent engineering: research and applications, v.1, p.125-134. 1993
- 9 BAXTER, M. Projeto de Produto; Editora Edgard Blucher; São Paulo. 1998.
- 10 WOHLERS REPORT. Wohlers Report 2009: State of the Industry – annual worldwide progress report. Wohlers Associates, Inc., Fort Collins, Colorado USA. 2009