

Prototipagem rápida, a revolução 3D

As técnicas de prototipagem rápida que há algum tempo só estavam disponíveis para aplicações industriais se popularizaram de tal forma que já é possível adquirir uma impressora 3D para uso doméstico. Essas mudanças já foram até mesmo descritas como uma terceira revolução industrial, tamanho o potencial de redefinir a forma como se pensou a manufatura até agora. O conjunto de métodos aplicados e o grau de sofisticação dos equipamentos disponíveis permite atender a uma ampla gama de usuários e suas necessidades específicas, desde os que exigem severos requisitos técnicos até os que encaram a possibilidade de fabricar pequenos produtos em casa como uma grande brincadeira. O artigo a seguir traça um panorama da evolução dessas técnicas e descreve brevemente cada uma delas. Ao final, são relacionadas algumas das empresas que atuam neste segmento e que estão contribuindo para que o conceito de prototipagem rápida (ou manufatura aditiva) se dissemine tanto na indústria quanto entre os usuários domésticos.

Antonio Augusto Gorni, editor técnico

Técnicas de fabricação baseadas na união de materiais pulverizados para fabricar objetos a partir de dados de modelos tridimensionais, geralmente camada por camada, não são exatamente novas. Essa abordagem evita o desperdício de material associado aos processos convencionais de manufatura, geralmente baseados na remoção de material a partir de um semiacabado, além de dispensar o uso de moldes, ferramentas e periféricos. Tais técnicas vêm sendo desenvolvidas há mais de trinta anos e recebeu nomes diferentes ao longo do tempo, tais como “prototipagem rápida”, “manufatura rápida” e, mais recentemente, “impressão tridimensional” ou “manufatura aditiva”⁽¹⁾. Sua evolução permitiu que, há aproximadamente quinze anos, surgissem as primeiras empresas oferecendo serviços de prototipagem rápida ou mesmo manufatura em pequena escala. A *Plástico Industrial* então publicou um tutorial sobre esse assunto, mostrando o potencial da nova técnica e os vários processos desenvolvidos⁽²⁾.

Os fundamentos da manufatura aditiva não mudaram muito desde então, mas sua evolução continuou, tornando-a cada vez mais acessível, inclusive ao grande público. Em 2006 a técnica já ensaiava suas primeiras aplicações em nível pessoal,

como indicava o *Fab@Home* (www.fabathome.org), ou “Fabricação em casa”, um *site* instrutivo sobre manufatura aditiva cuja principal função era promover a comercialização e o uso da primeira impressora tridimensional voltada para uso doméstico⁽³⁾. Com o tamanho de um forno de micro-ondas e fornecida na forma de *kit* a um custo de 2.400 dólares, o equipamento, acoplado a um computador com programa CAD, podia fabricar pequenas plásticas. Agora, sete anos depois desse lançamento, há várias outras opções no mercado norte-americano e também no mercado brasileiro. Recentemente um modelo básico de impressora tridimensional da 3D Systems (EUA) passou a ser vendido até em livraria, a um preço ligeiramente superior. Empresas locais também já se dedicam à fabricação de suas próprias máquinas e há cerca de um ano foi desenvolvido um modelo popular de impressora, criado por uma rede mundial de desenvolvedores em *hardware* e *software* de código aberto. O projeto, denominado *Metamáquina* (metamaquina.com.br), foi notícia do na edição de setembro de 2012 (página 6), de *Plástico Industrial*, e resultou na disponibilidade de impressoras 3D a preços bastante acessíveis.

Nos últimos anos a manufatura aditiva vem ganhando enorme atenção por parte da grande mídia.

Praticamente todo dia surgem registros sobre o uso dessa técnica nas mais variadas aplicações, tais como autopeças, brinquedos, *drones*, implantes cirúrgicos e até mesmo alimentos. Por exemplo, a Boeing já fabrica mais de 200 componentes em dez plataformas usando manufatura aditiva. Esse novo processo está sendo saudado como a chave para uma terceira revolução industrial na medida em que poderia viabilizar a total descentralização da manufatura. Em última análise, a manufatura aditiva faria com que a produção retornasse à casa do artesão, como ocorria antes do advento da máquina a vapor.

O avanço da tecnologia da manufatura aditiva realmente tem sido impressionante, mas ainda há muitos desenvolvimentos a serem feitos para que ela possa cumprir todas as promessas que a mídia fez em nome dela. Serão analisados a seguir sua situação atual, alguns dos possíveis impactos da manufatura aditiva sobre a industrial e questões ainda obscuras cujas respostas poderão ser decisivas para sua disseminação. A verdade é que ninguém sabe exatamente as futuras implicações decorrentes desse novo processo, mas todos estão fazendo apostas sobre elas.

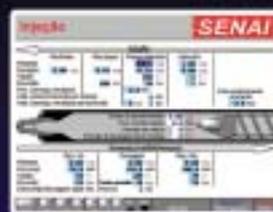
Limites da manufatura aditiva

Apesar do progresso verificado nos processos de manufatura aditiva, particularmente em termos da

redução dos custos envolvidos, eles ainda são bastante limitados atualmente e não constituem um risco sério aos meios convencionais de fabricação. Contudo, perspectivas mais do que promissoras continuam incentivando um forte trabalho de desenvolvimento para solucionar as deficiências dos processos de manufatura aditiva, relacionadas a seguir⁽⁴⁾:

- **baixa velocidade de construção:** continuam sendo feitos esforços no sentido não só de aumentar essa velocidade, como elevar os volumes das peças produzidas;
- **falta de especificações técnicas:** esse problema já começou a ser resolvido. A American Society for Testing Materials (ASTM) acabou de constituir o Comitê F42 para normalizar os aspectos ligados à manufatura aditiva, tais como Métodos de ensaio (F42.01), Processos (F42.02), Materiais (F42.03), Design (F42.04) e Terminologia (F42.90);
- **falta de dados das propriedades dos materiais:** essas informações deverão ser compiladas assim que forem publicadas normas sobre os materiais e os processos se estabilizarem tecnicamente. Sabe-se também que algumas empresas já dispõem dessa informação em casos específicos, mas esse conhecimento ainda possui caráter confidencial;
- **mau acabamento superficial:** além dos desenvolvimentos técnicos feitos no sentido de

CLP feito para durar muito mais



CLP para Injetoras Sopradoras e Extrusoras

Fone: 13 3296-1369
www.branqs.com.br

branqs[®]
AUTOMAÇÃO

melhorar essa qualidade estética, os projetistas eventualmente poderão questionar a necessidade de tolerâncias mais severas;

- **porosidade:** os processos de manufatura aditiva precisarão evoluir para reduzir o tamanho e a distribuição de poros dos protótipos ou peças. Métodos de inspeção não destrutiva deverão ser aperfeiçoados para caracterizá-la. Projetistas precisarão tornar seus projetos mais conservadores para evitar seus efeitos prejudiciais nos componentes, especialmente em função de sua capacidade de promover a nucleação e propagação de trincas.

Consumo de energia e impacto ambiental

Naturalmente a execução de processos de manufatura requer energia. De fato, a indústria manufatureira americana responde por um terço do consumo total de energia naquele país⁽¹⁾. Estudos demonstraram que esse consumo caiu pela metade ao longo dos últimos trinta anos em razão dos desenvolvimentos tecnológicos efetuados nesse período, mas há evidências que indicam que os novos processos de manufatura, apesar de viabilizarem maior precisão dimensional e menores escalas, apresentam demandas específicas muito altas de energia elétrica e usam materiais cuja síntese é energeticamente intensiva. Essa tendência revela a necessidade de se efetuar uma análise quantitativa precisa dos impactos energéticos e ambientais dos processos de manufatura aditiva, algo que ainda não foi feito com exatidão devido à sua recente entrada na arena industrial. Essa análise requer que se considere o tempo de processo, a utilização de energia, o fluxo de materiais e os fluxos secundários de catalisadores de processo.

As características básicas da manufatura aditiva tendem a formar um quadro muito favorável quanto a esse aspecto. O consumo da quantidade estrita de material necessária ao componente permite uma apreciável economia de energia, não só associada ao material em si, mas também ao processo de manufatura propriamente dito.

Vários trabalhos de fato indicam que a manufatura aditiva é bem mais amigável ao meio ambiente do que a usinagem, especialmente quando se considera o difícil problema do descarte dos fluidos usados neste

processo para refrigeração e lubrificação. Contudo, no caso específico de consumo de energia, há evidências que indicam que ela é menos eficiente do que os processos de fundição. Esses resultados discrepantes podem estar ligados à metodologia experimental usada para medir esses impactos. É vital que a metodologia aplicada seja padronizada de forma isenta. Já foi demonstrado que a manufatura aditiva é mais favorável do ponto de vista energético em relação aos meios convencionais de fabricação quando se consideram processos operando em regime contínuo. Contudo, a situação se inverte ao se levar em conta o consumo de energia associado às fases de acionamento e desligamento do equipamento. De toda forma, ainda há muito pouca informação disponível sobre esse assunto para se chegar a uma conclusão definitiva.

Impacto na cadeia de suprimento da manufatura

A manufatura e entrega de produtos a clientes requer esforços das várias empresas que constituem a cadeia de fornecimento. A manufatura aditiva oferece basicamente duas oportunidades para simplificar essa cadeia:

- otimização do projeto de produtos, que passam a ter menor número de componentes;
- viabilização da manufatura distribuída, ou seja, a fabricação de produtos próxima aos clientes.

O efeito global desses dois fatores é a redução das demandas em termos de armazenamento, transporte e embalagem. Isso viabiliza, por exemplo, a adoção da manufatura *just-in-time* no chão de fábrica, em vez de sua versão tradicional, ou seja, entrega *just-in-time* de fornecedores no chão de fábrica. Dessa forma, atividades que não agregam valor, tais como a movimentação de materiais e a manutenção de estoques, podem ser minimizadas com a criação de uma cadeia enxuta de fornecimento de baixo custo. Além disso, a manufatura aditiva pode melhorar o tempo de resposta de uma cadeia de fornecimento, tendo em vista que a torna mais ágil. Uma vez que seu principal fator de custo não é a mão de obra, mas sim os equipamentos e matérias-primas, é mais

econômico instalar suas máquinas próximas dos clientes finais, bem como adequá-las de forma a atender aos requisitos individuais de cada cliente.

Esta abordagem é particularmente interessante na cadeia de fornecimento de peças sobressalentes para a indústria aeronáutica, que precisa efetuar reparos de forma rápida e a um custo mínimo. As grandes e complexas aeronaves comerciais atuais são constituídas por vários milhões de peças. A maioria delas não é requerida com frequência, mas atualmente é necessário mantê-las em estoque para assegurar a rapidez da manutenção e evitar atrasos devido a paralisações prolongadas da frota. Tais estoques implicam custos decorrentes do capital imobilizado e do uso de instalações de armazenamento, movimentação de componentes, sua gestão, etc. A adoção da manufatura aditiva no cliente permitiria manter em estoque as peças efetivamente mais requisitadas, sendo as demais fabricadas somente quando fossem efetivamente necessárias. Essa abordagem ainda não é plenamente viável já que a variedade de peças produzidas com sucesso por meio da manufatura aditiva ainda é muito limitada devido à sua pouca maturação do processo, mas é necessário avaliar essa possibilidade à medida que sua tecnologia evolui e viabiliza a fabricação de um número cada vez maior de componentes.

Levada ao extremo, tal abordagem viabilizará a produção de itens de consumo diretamente na

residência do cliente, que passará a adquirir projetos em vez de bens materiais. Também há implicações muito interessantes do ponto de vista militar: itens sobressalentes vitais poderão ser fabricados em postos avançados – ou eventualmente, até mesmo em pleno campo de batalha –, agilizando a prontidão dos equipamentos bélicos em momentos de extrema necessidade. Ainda sob este aspecto, infelizmente já ficou cabalmente comprovado que a manufatura aditiva também possibilita a fabricação ilícita de armas, comprovando mais uma vez o fato de que não há rosas sem espinhos.

Riscos ambientais e ocupacionais

Os processos convencionais de manufatura já foram extensivamente caracterizados do ponto de vista dos riscos potenciais que oferecem ao meio ambiente e à mão de obra. Em princípio, tais riscos seriam minimizados ou mesmo evitados com o uso da manufatura aditiva, mas não se pode esquecer que ela também possui riscos que ainda não foram devidamente levantados em razão de sua curta história. Por outro lado, acredita-se que um melhor conhecimento nessa área só enfatizará as vantagens do novo processo de fabricação.

A manufatura aditiva geralmente usa diversos tipos de resinas plásticas, tais como epóxi,

**HÁ 15 ANOS DESENVOLVENDO CORES
E VALORIZANDO PRODUTOS**

- Suporte Técnico com atendimento personalizado
- Fornecemos amostras para testes
- Desenvolvimento de cores em até 5 dias



**PETRO
MASTER**
Indústria e Comércio de Plásticos Ltda.

- Pigmentos LMP (livre de metais pesados)
- Pigmentos para todos os tipos de resinas plásticas



ISO 9001:2008

Rua Prof. Ulysses Lemos Torres, 21 - Vl. Nova York - São Paulo - SP
 Fone: (11) 2721.9258 - Fax: (11) 2725.7776
www.petro.com.br

cianoacrilato, policarbonato, acrilato, elastômeros, acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) e poliamidas. Os efeitos ocupacionais e ambientais de alguns desses materiais ainda não são plenamente conhecidos, mas já há evidências de que podem ocorrer sérias reações, irritações e alergias na pele e olhos dos operadores de impressoras tridimensionais, caso eles entrem em contato com estes materiais por meio da inalação de seus vapores ou do seu derramamento acidental sobre sua pele. A exposição crônica a esses materiais pode levar ao surgimento de alergias crônicas. Uma vez que eles são constituídos por moléculas com cadeias longas, sua biodegradabilidade é muito deficiente e, caso os materiais não sejam adequadamente reciclados, eles permanecerão no meio ambiente por longos períodos de tempo. Além disso, diversos gases podem ser liberados durante a operação das impressoras tridimensionais como dióxido e monóxido de carbono,

óxidos de nitrogênio, compostos orgânicos halogenados (CFC's, HCFC's, tetracloroeto de carbono), tricloroetano, níquel e compostos de chumbo. No caso específico do processo de estereolitografia, há os problemas associados aos solventes (carbonato de propileno, tripropileno-glicol-monometiléter, isopropanol) usados para dissolver as estruturas de suporte deixadas após a fabricação de protótipos.

Uma descrição mais completa sobre os riscos ambientais e ocupacionais associados a cada processo de manufatura aditiva pode ser vista em outro trabalho⁽¹⁾. Contudo, de forma geral, a maioria dos materiais e produtos químicos usados não é realmente prejudicial aos seres humanos, com exceção dos fotopolímeros e do etileno glicol. Os operadores dos equipamentos de manufatura aditiva precisam estar adequadamente treinados e motivados para manipular e descartar adequadamente os insumos envolvidos, bem como saber lidar com os feixes de *laser* de alta

OLIFIERI



• Fabricante de facas, moinhos e aglutinadores para plásticos

• Fazemos moagem de todos os tipos de plásticos

 **Soluções em Reciclagem**

SP (11) 2412-2625 PR (44) 3673-1320 olifieri@olifieri.com.br - www.olifieri.com.br



intensidade, que podem provocar queimaduras e sérios riscos à visão. Equipamentos de segurança comuns ao ambiente industrial, tais como máscaras, luvas e óculos, devem minimizar os riscos ocupacionais.

Os avanços no Brasil

No início de setembro o Instituto Nacional de Tecnologia (INT), a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e a Organização Nacional da Indústria do Petróleo (ONIP) lançaram o projeto “Fabricação digital”, que tem por objetivo trazer ao Brasil todos os tipos de tecnologia de prototipagem em 3D para aplicação na indústria de petróleo e gás. Os laboratórios contarão com equipamentos para sete técnicas de prototipagem e oito tipos diferentes de materiais, incluindo titânio, alumínio, aço, poliamida e outros plásticos de alta resistência. Estará disponível também uma impressora capaz de gerar em 3D protótipos de equipamentos de grandes dimensões.

De acordo com as informações da ONIP, o Brasil tem uma demanda reprimida de mais de 400 empresas na área de óleo e gás em busca deste tipo de solução unificada. O projeto lançado será todo integrado na PUC-Rio, que disponibilizará engenheiros especialistas em materiais e simulações numéricas, bem como *designers* para os protótipos. Este processo, que hoje é feito no exterior, pode levar meses ou até anos para ser concluído, mas sua nacionalização poderá reduzir esse prazo para dias, sem a necessidade de longas viagens.

Conclusões

As técnicas de manufatura aditiva progrediram vertiginosamente ao longo das últimas décadas e prometem revolucionar profundamente os processos de manufatura. Contudo, para que tais promessas sejam cumpridas, é necessário que sejam feitos alguns avanços, como descrito nas referências 1 e 4.

A variedade de materiais que podem ser processados deve ser ampliada, permitindo a fabricação de peças com maior tamanho e funcionalidade, além do uso de vários materiais. Também devem ser melhorados aspectos ligados ao acabamento superficial e à porosidade das peças.

Ainda é necessária a determinação precisa do consumo energético e do impacto ambiental das diversas variantes da manufatura aditiva, pois não há total certeza de que ela apresente vantagens em relação aos processos convencionais de fabricação. Contudo, uma eventual desvantagem nesse sentido deve ser cuidadosamente ponderada, levando em conta a simplificação da cadeia produtiva que essa a técnica proporciona.

É preciso entender melhor os riscos ocupacionais potenciais que a manufatura aditiva apresenta, de forma a permitir a elaboração de uma regulamentação governamental realista para proteger a mão de obra envolvida com esse novo processo. A questão se torna mais séria devido à disseminação da manufatura aditiva no ambiente doméstico, onde esse tipo de preocupação praticamente não existe.

Formar mão de obra capaz de operar esse novo processo é uma outra preocupação, pois ela deverá ser suficientemente capacitada para lidar com tecnologias de vanguarda, mas cujo número deverá ser limitado, já que o equipamento executa a maior parte do trabalho.

Embora seja arriscado fazer previsões, atualmente há um consenso geral sobre o fato de que a manufatura aditiva não substituirá os processos tradicionais de fabricação. Ela deverá ser muito competitiva na fabricação de peças complexas e de tamanho relativamente pequeno, com materiais caros, baixos volumes e em aplicações não críticas. Além disso, será uma opção muito atraente para a fabricação de novas peças, caso em que ela evitará, ao menos em um primeiro momento, a fabricação de dispendiosos conjuntos de ferramentas, e de peças sobressalentes para aplicações muito antigas, para as quais não mais se dispõe do ferramental necessário.

Breve descrição dos processos de manufatura aditiva constantes deste guia

- **Estereolitografia:** modelos tridimensionais são construídos a partir de polímeros líquidos fotossensíveis, os quais se solidificam quando expostos à radiação ultravioleta.
- **Manufatura de objetos em lâminas:** camadas de material, na forma de tiras de papel revestidas com adesivo ativado termicamente,

são coladas umas sobre as outras de modo a compor a geometria desejada.

- **Sinterização seletiva a laser:** um feixe de *laser* funde, de forma seletiva, materiais pulverulentos, tais como poliamidas, elastômeros e metais, depositando progressivamente as camadas que constituem o protótipo.
- **Modelamento por deposição de material fundido:** filamentos de resina termoplástica aquecida são extrudadas a partir de matriz em forma de ponta, a qual se move num plano X-Y.
- **Cura sólida na base:** camadas inteiras de polímeros líquidos fotossensíveis são curadas

por meio de radiação ultravioleta, obtendo-se o protótipo.

- **Impressão por jato de tinta:** um cabeçote libera jatos de agente ligante que funde e aglomera seletivamente o material pulverulento aplicado sobre uma plataforma.
- **Conformação próxima do formato final via laser:** um feixe de *laser* com alta potência é usado para fundir o pó metálico aplicado coaxialmente ao foco do *laser* por meio de um cabeçote de deposição.

Veja a descrição completa e detalhada desses processos em www.gorni.eng.br/protrap.html

REFERÊNCIAS

- 1) HUANG, S. H. e outros. *Additive Manufacturing and its Societal Impact: A Literature Review*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, July 2013, 1.191-1.203.
- 2) GORNI, A. A. *Introdução à Prototipagem Rápida e Seus Processos*. Plástico Industrial, Março 2001, 230-239.
- 3) GORNI, A. A. *A Prototipagem Rápida ao Alcance de Todos*(Coluna MM On Line). Máquinas e Metais, março de 2007, 14-15.
- 4) TIRPAK, J. D. *Will Additive manufacturing Threaten the Forging Industry?* Forge Magazine, August 2012, 19-22.

Seccionadora eletrônica de Plásticos por cores.

A Bühler SANMAK M+ é a mais eficiente seccionadora por cores para todos os tipos de plásticos virgens e reciclados como PET, PVC, HDPE, PVB, PP e ABS.



SANMAK M+4

Bühler SANMAK SA, Blumenau, SC
T +55 47 2111 2700. www.buhlergroup.com/sanmak

BUHLER

NAZKOM

Empresa brasileira, equipamentos nacionais

Sistemas e softwares personalizados desenvolvidos para controle dimensional sem contato, sem paradas, sem cortes ou danos ao material, permitindo a emissão de relatórios, gráficos, planilhas e opcionalmente: armazenamento de dados da produção.



Sistemas para: medição de espessuras de parede, diâmetros externos e caroço-pescoço em tubos e mangueiras plásticas; medição de diâmetros externos em fios, cabos, barras, arames; verificação de centragem e revestimentos em condutores.



MEDIDORES ÓPTICOS DE DIÂMETRO EXTERNO
MEDIDORES DE ESPESSURA POR ULTRA-SOM
DETECTOR CAROÇO-PESCOÇO
MEDIDOR DE CENTRAGEM PARA FIOS E CABOS
SPARK TESTER AC, DC e especiais sob encomenda



www.nazkom.com.br/catmedidores.pdf
www.nazkom.com.br/catcentragem.pdf
www.nazkom.com.br/catspark.pdf
feiras@nazkom.com.br
(55 11) 5543 7727

Empresa	Telefone	E-mail ou site	Fornecer equipamentos	Prestar serviços	Manufatura aditiva/impressão 3D:							Dimensões máximas dos protótipos (mm)	Confeção de ferramental rápido:		Dimensões máximas do ferramental (mm)	Materiais				
					Sinterização seletiva a laser (1)	Esterolitografia (2)	Manufatura de objetos em lâminas (3)	Modelagem por deposição de material fundido (4)	Por jato/extrusão de resina (5)	Cura sólida na base (6)	Conformação próxima do formato final via laser (7)		Estampagem incremental para peças metálicas	Vazamento a vácuo (Vacuum casting) (8)		Rapid tooling por SLS (9)	Outras técnicas	Polímeros	Cerâmicas	Metais
AMS Brasil	(47) 3423-2125	www.amsbrasil.com.br	•	•								700 x 380 x 580	•		250 x 250 x 325	•	•	•		
Anacom	(11) 3422-4200	www.anacom.com.br	•	•								1.000 x 800 x 500	•		1.000 x 800 x 500	•	•		•	
Axson	(11) 5687-7331	www.axson.com.br	•									2.680 x 1.000 x 650	•		2.680 x 1.000 x 650	•				
E-TEC	(35) 3431-1525	www.e-tecbrasil.com	•	•								380 x 380 x 660	•	•	250 x 250 x 250	•	•		•	
EXADP	(19) 2121-6231	www.exadp.com.br	•	•								400 x 400 x 350	•		250 x 250 x 250	•	•		•	
Fábrica de Imagens	(11) 3392-1201	www.fabricaimagens.com.br	•	•								200 x 250 x 350	•		200 x 250 x 350	•				
Fábrica de Protótipos	(11) 2894-6676	www.fabricadeprototipos.com.br	•	•								600 x 500 x 500	•	•	1.000 x 500 x 500	•	•	•	•	
Fast Parts	(47) 2101-7777	www.fastparts.com.br	•	•								330 x 250 x 200				•			•	
HEO 3D PRINTER	(11) 95889-0664	www.heo3dprinter.com.br	•	•								200 x 200 x 90				•				
Imprimate	(11) 3384-9793	www.imprimate.com.br	•	•								500 x 500 x 500				•	•		•	
LWT	(11) 3232-0532	vitor@lwtsoftware.com.br	•	•								294 x 192 x 148 (10)				•				
			•	•								1.000 x 800 x 500 (11)				•				
Metamáquina	(11) 3666-4899	www.metamaquina.com.br	•									20 x 20 x 15				•				
Movtech	(11) 2464-7890	movtech.cnc@gmail.com	•	•								190 x 190 x 110								
Objeto Impresso	(11) 2359-3933	contato@objetoimpresso.com.br	•	•								200 x 200 x 150 (12)	•	•	340 x 340 x 620	•	•	•		
			•	•								340 x 340 x 620 (13)	•	•	340 x 340 x 620	•	•	•		
Pro Model	(11) 99979-4366	www.promodel.com.br	•	•								300 x 400 x 600	•		300 x 400 x 600	•	•		•	
Protótipos 3D	(51) 3433-5156	www.prototipos3d.com.br	•	•								200 x 200 x 300				•				
Robtec	(11) 3318-5100	www.robtec.com	•	•	•	•	•	•	•	•	•	5.000 x 5.000 x 5.000	•	•	3.000 x 3.000 x 3.000	•			•	
SEACAM	(11) 5575-5737	www.gruposea.com.br	•	•												•	•		•	
Solidtec Brasil	(19) 3262-0013	fabiano@solidtecbrasil.com.br	•	•								600 x 700 x 450				•				
Stratasys	(11) 2626-9229	www.stratasys.com/br	•									914 x 610 x 914				•				
SYCAD Systems	(11) 5541-3300	www.sycad.com.br	•	•								200 x 200 x 200				•			•	
Tato Equipamentos	(11) 5506-5335	tatoee@gmail.com	•									250 x 280 x 200				•				
UP 3D Brasil	(11) 3715-1090	www.up3dbrasil.com.br	•	•								140 x 140 x 140	•		140 x 140 x 140	•				

Notas: (1) SLS, selective laser sintering; (2) SLA, stereolithography; (3) LOM, laminated object manufacturing; (4) FDM, fused deposition modeling; (5) MJM, multi jet modeling; (6) SGC, solid ground curing; (7) LENS, laser engineered net shaping; (8) Em molde de silicone feito a partir de modelo em SLA; (9) Usando grânulos de aço e polímero; (10) Execução de protótipos; (11) Capacidade dos equipamentos comercializados; (12) Para FDM; (13) para SLS.

Obs.: Os dados constantes deste guia foram fornecidos pelas próprias empresas que dele participam e que enviaram respostas dentro do prazo estabelecido. Foram enviados questionários para 49 empresas.

Fonte: Revista *Plástico Industrial*, novembro de 2013.
Sua empresa não está aqui? Acesse www.arandanet.com.br/pi e inclua.