

Integração da Manufatura Aditiva com a Tecnologia RFID

Um estudo exploratório

Autor: Samuel Bloch da Silva. M.Sc.

Doutorando no Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA

Julho 2015 - São José dos Campos - SP

1. INTRODUÇÃO

Entende-se por fabricação como sendo o processo de converter matérias primas em produtos e/ou componentes de produtos, através de diferentes métodos (KALPAKJIAN & SCHMID, 2006). Por sua vez estes métodos são divididos em grupos de tecnologias (Fig. 1):

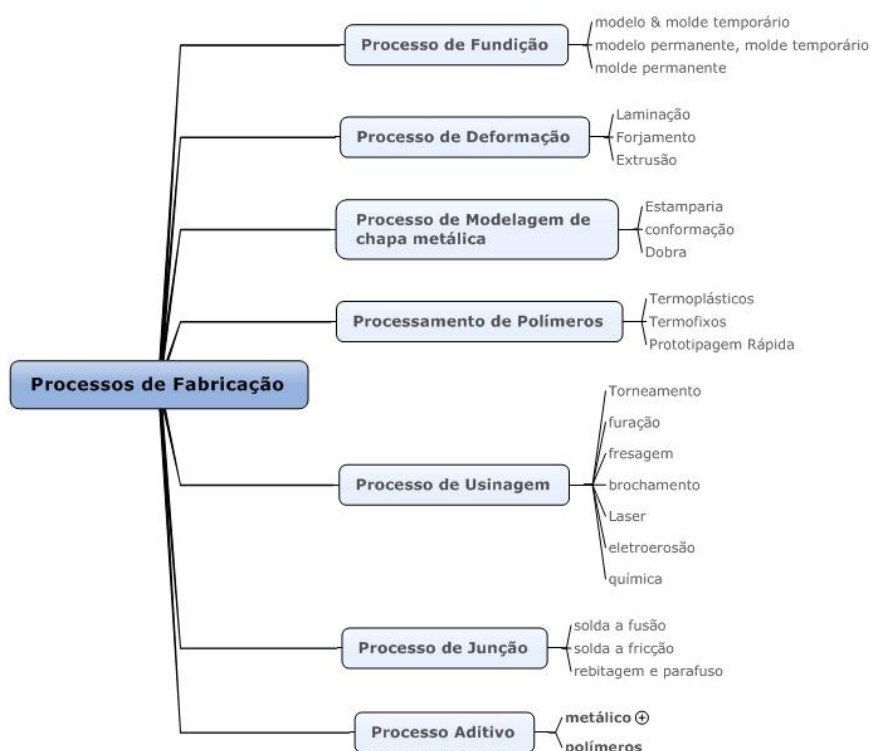


Fig.1 - Processos de Fabricação

Fonte: adaptado de (KALPAKJIAN & SCHMID, 2006)

Quase tudo que nos cerca foi ou será fabricado por uma das tecnologias de transformação apresentadas na Fig.1. Destacando-se neste contexto, o processo de fabricação baseado em Manufatura Aditiva, também chamado de prototipagem rápida, tem se apresentado como uma das tecnologias de ruptura em relação aos demais processos (TECHNOLOGYREVIEW, 2013). Estudos recentes traduzem a flexibilidade operacional desta tecnologia como a oportunidade de disponibilizar produtos de forma mais rápida e mais próximo dos clientes ou usuários finais sem intermediários (THE GOVERNMENT OFFICE FOR SCIENCE, 2013). Neste sentido, uma das principais vantagens da manufatura aditiva está na flexibilidade para se produzir peças a partir do seu projeto 3D, sem a necessidade de construção de ferramental especial, compra de grandes quantidades de matéria prima, setup de máquinas, tratamento de resíduos entre

outras vantagens. Ou seja, é possível atender necessidades específicas de clientes, com localizações geográficas distantes dos grandes centros produtores e sem a necessidade de uma extensa cadeia produtiva e logística (Fig.2)

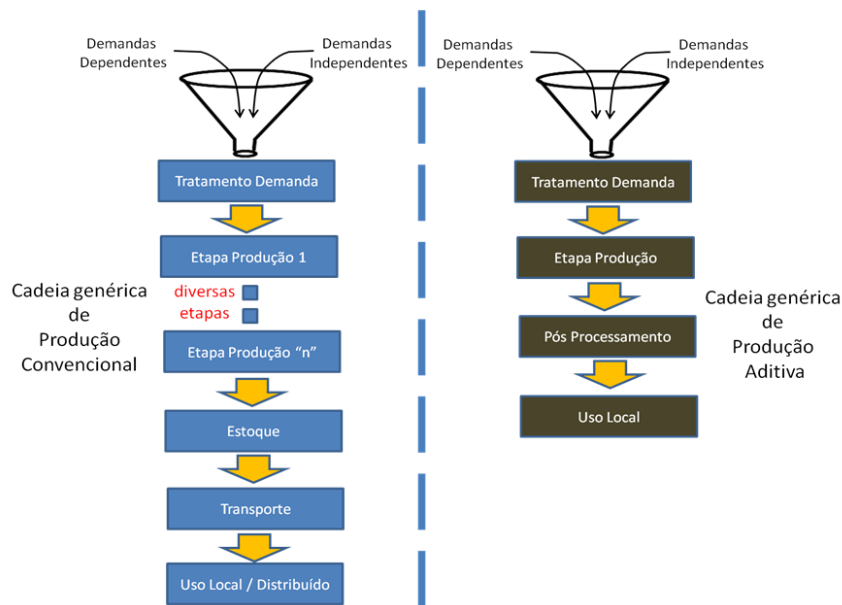


Fig.2- Cadeia Produtiva Convencional x Aditiva

Além dos aspectos produtivos, o que está por de trás desta revolução é o que o Instituto Fraunhofer chama de liberdade para a individualização e a liberdade para customização (LIA, 2013). A diferença se baseia fundamentalmente na relação custo, tamanho de lote e complexidade do componente; quando comparamos os mesmos com os sistemas tradicionais de manufatura. A Fig.3 apresenta as relações propostas:

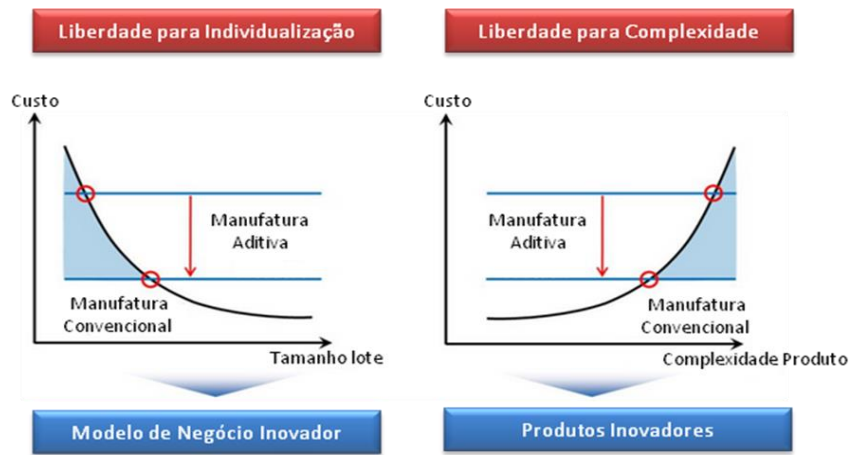


Fig. 3 - Liberdade para individualizar e liberdade para customizar

Fonte: (LIA, 2013)

A Fig.3 apresenta esta revolução como sendo a possibilidade de se criar <produtos inovadores> em <modelos de negócio inovador> a partir apenas de <bits e bytes>. Isto significa digitalizar toda uma cadeia produtiva, transformando toneladas de matérias primas em <terabytes> de dados. Considerando que a base desta revolução está em se produzir componentes diversos a partir apenas de informações digitais, uma cadeia de

eventos físicos utilizados na fabricação de componentes de forma tradicional seria eliminada. Isto pressupõe que no futuro próximo não haverá incremento de custo para fabricação de pequenos lotes de forma aditiva quando comparada com os sistemas convencionais. Consequentemente não existirá também incremento de custo para execução de componentes complexos em contraste aos processos que privilegiam a retirada de materiais (ex: usinagem).

2. A INTEGRAÇÃO DA MANUFATURA ADITIVA COM A TECNOLOGIA RFID

A integração da Manufatura Aditiva com a tecnologia RFID é inerente a própria necessidade de se identificar os materiais e/ou componentes no mundo moderno. Segundo a GS1 Brasil, as diferentes tecnologias aplicadas na identificação são utilizadas para (GS1, 2015):

"...representar uma numeração (identificação) atribuída a produtos, unidades logísticas, localizações, ativos fixos e retornáveis, documentos, contêineres, cargas e serviços facilitando a captura de dados através de leitores (scanners) e coletores de código de barras, propiciando a automação de processos trazendo eficiência, maior controle e confiabilidade para a empresa."

Destaca-se na definição fornecida pela GS1 o aspecto da facilidade com que os dados padronizados são coletados e registrados nos sistemas de informação presente em praticamente todas as empresas no mundo. Apesar da tecnologia aditiva apresentar vantagens sobre a tradicional, para efeito de identificação, os componentes fabricados nos diferentes processos se comportam idênticamente. O diferencial está na possibilidade de se implantar uma etiqueta RFID durante o processo de fabricação aditiva do componente, e a partir desta identificação eliminar uma complexa cadeia logística física e documental. Consequentemente a etiqueta RFID além de identificar sincroniza informações para execução deste componente em qualquer lugar do mundo. Para identificação indelével dos componentes impressos, os processos de fabricação aditivos em polímeros são mais suscetíveis para adoção imediata da tecnologia RFID; principalmente pelo tipo de material utilizado na deposição. Impressoras 3D para ABS e PLA, apresentam características operacionais simplificadas; bem como não necessitam de envelope de impressão com atmosfera controlada. Consequentemente é possível imprimir componentes complexos com identificação permanente embarcada, sem prejuízo ao processo (Fig.4) :

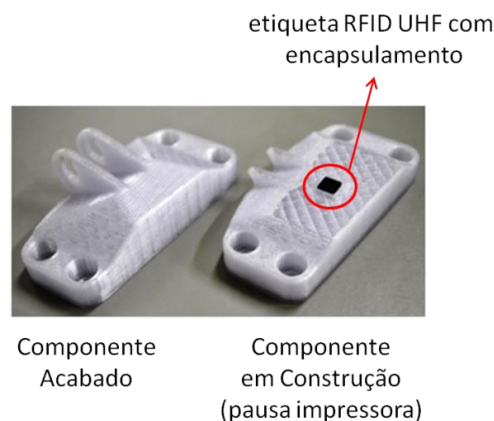


Fig. 4- Exemplo de Componente Impresso com Etiqueta RFID embarcada

Conforme a Fig.4 , a impressora é pausada durante processo de impressão para inserção da etiqueta RFID UHF Passiva em local previamente definido no projeto do componente. Esta posição deve levar em consideração aspectos operacionais do componente, estratégia de impressão, bem como possível atenuação no sinal RF causado pelo polímero.

3. ESTRATÉGIAS DE IMPRESSÃO EM POLÍMEROS E SUAS IMPLICAÇÕES SOBRE A TECNOLOGIA RFID

Considerando que a integração entre as duas tecnologias pressupõe uma mudança na forma como se fabrica e identifica componentes, as estratégias de impressão são vitais para o sucesso desta iniciativa. Cada fabricante de impressora disponibiliza software específico para parametrização, com maior ou menor grau de acessibilidade. O software da REPETIER (<http://www.repetier.com>) presente em algumas impressoras de baixo custo, disponibiliza ampla gama de recursos e de controle de parâmetros. Independente dos fabricantes, mas com base na literatura corrente, foram selecionadas as principais estratégias que podem apresentar impacto em relação a integração das tecnologias:

Orientação de Construção: a orientação espacial X/Y/Z do desenho 3D em relação a base de impressão do equipamento, tem grande influência sobre a aparência final do componente e seu tempo de construção. Adicionalmente a orientação determinará também como a etiqueta RFID será acomodada dentro do componente. (Fig.5)

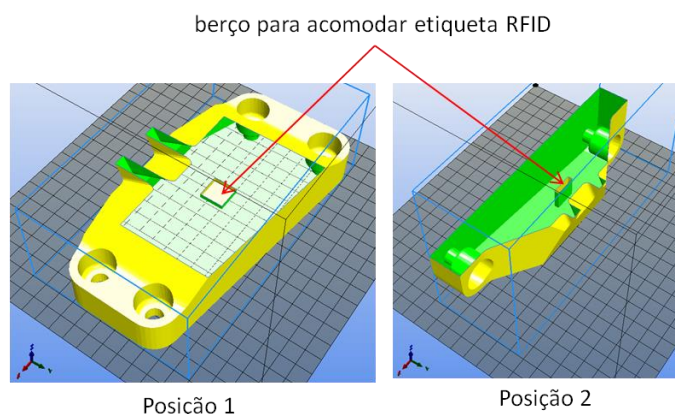


Fig. 5- Orientação de Construção x Inserção da Etiqueta

Conseqüentemente isto poderá facilitar ou penalizar a inserção da etiqueta RFID durante o processo de impressão, bem como evitar a exposição desnecessária da etiqueta a temperaturas elevadas. A Fig.6 apresenta o gradiente de temperatura para deposição em PLA:

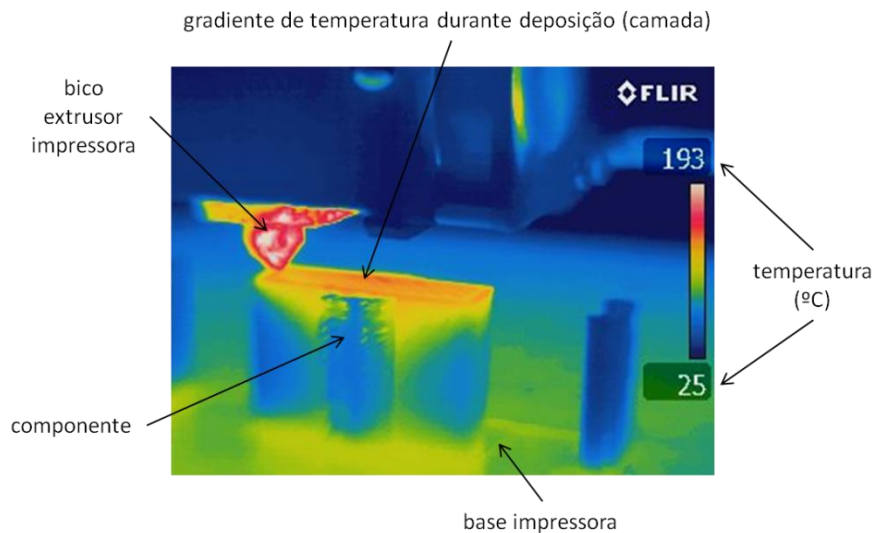


Fig.6 - Gradiente de temperatura para deposição em PLA

Conforme a Fig. 6, a temperatura máxima ocorre apenas durante a deposição/extrusão da camada, sendo resfriada instantaneamente com a solidificação do polímero. Isto significa que uma orientação de construção adequada do componente evitaria aquecimento desnecessária da etiqueta inserida, preservando assim sua integridade operacional. Outro aspecto importante a ser considerado é que a posição final da etiqueta dentro do componente poderá comprometer sua leitura no ambiente operacional. A polarização entre as antenas (emissora e da etiqueta) afeta diretamente a distância máxima de leitura conforme proposta pela Equação de Friis (Eq. 1)(NIKITIN & RAO, 2008):

$$r_{max} = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_t G_t G_r \tau p}{P_{th}}} \quad (Eq. 1)$$

em que:

- r_{max} - distância máxima de leitura da etiqueta RFID em relação a antena (metros)
- λ - comprimento de onda para a frequência de operação (metros)
- P_t - potência do transmissor (dBm)
- G_t - ganho da antena transmissora (dBi)
- G_r - ganho da antena receptora(dBi)
- P_{th} - potência do receptor ou sensibilidade do Circuito Integrado RFID (dBm)
- τ - coeficiente do casamento de impedância entre o CI e a antena da etiqueta
- p - eficiência da polarização

Espessura de Camada: depende diretamente do tipo de polímero a ser extrudado pelo bico da impressora. Para ABS-M30 por exemplo, as camadas de deposição podem ser 0,127 mm, 0,178 mm, 0,254 mm e 0,330 mm. A espessura da camada tem responsabilidade direta na qualidade do componente e no seu tempo de construção. Espessuras de camadas mais fina produzirão uma qualidade superficial melhor, porém, com um tempo de construção maior. Além dos aspectos construtivos, a espessura de camada em combinação com outras estratégias, poderão criar componentes mais densos e menos permeáveis a propagação eletromagnética.

Densidade: criada a partir da espessura de camada e posição de impressão do componente, defini-se o caminho pelo qual o cabeçote extrudor da impressora executará a deposição, com base nos seguintes subcritérios:

- *Espessura de contorno* - resultando em densidade superficial maior ou menor, bem como a resistência superficial;
- *Raster* - como padrão se estabelece o ângulo de deposição em 45° em relação ao eixo X do equipamento independente da sua posição dentro do envelope de construção;
- *Air Gap* - distância entre as deposições conforme raster estabelecido

O resultado serão peças <sólidas(*dense mode*) > ou <ocas (*sparse mode*) > conforme Fig. 7:

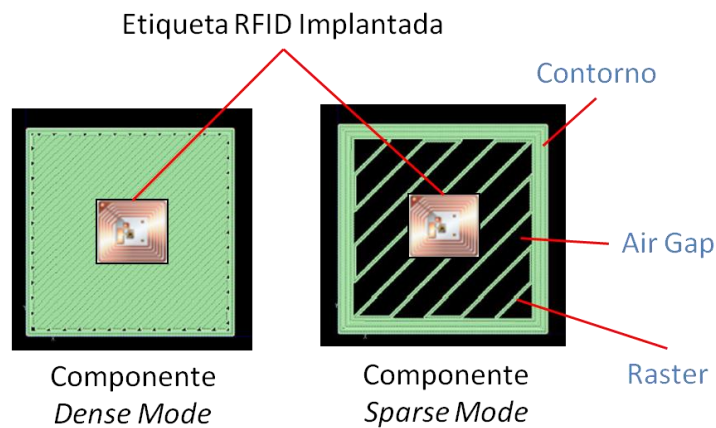


Fig. 6 - Componente *Dense Mode* x *Sparse Mode*

Considerando as questões de propagação eletromagnética, componentes com *Air Gap dense* tenderão a apresentar coeficiente de atenuação superiores ao modo *sparse*. Além da atenuação proporcionada pelo material, existe ainda questões relacionadas a potência mínima (campo ou energia) necessária para ativação da etiqueta RFID UHF Passiva a ser implantada dentro do componente. De uma forma simplificada esta energia mínima (E_{tag}) poderá ser representada por (Eq. 2) (NIKITIN & RAO, 2008):

$$E_{tag} = \frac{4 \pi}{\lambda} \sqrt{30 P_{tag}} \quad (Eq.2)$$

onde

- E_{tag} - sensibilidade de campo da etiqueta RFID (V/m)
- λ - tamanho da onda para a frequência de operação (metros)
- P_{tag} - energia mínima para ativar a etiqueta RFID (W)

Considerando as diferentes sensibilidades possíveis para as etiquetas de mercado, foi desenvolvida um gráfico de referência para consultas rápidas com base na Eq. 2 (Fig.8):

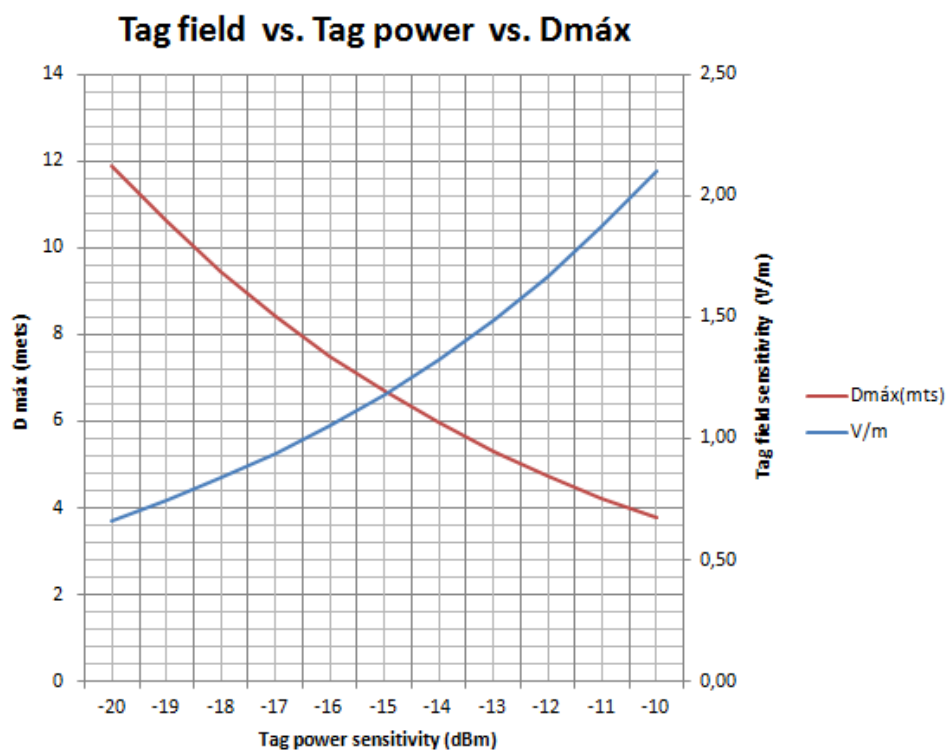


Fig. 8- Relação Sensibilidade Etiqueta (dBm) x Distância Máxima (mts) x Campo Elétrico (V/m)

O gráfico de referência (Fig.8) apresenta a distância máxima teórica para qualquer etiqueta RFID passiva disponível no mercado para operação em 915MHz, considerando apenas a propagação no espaço livre. Em um primeiro momento a sensibilidade da etiqueta poderia compensar atenuações ocasionadas pela inserção da mesma em componentes poliméricos. Contudo, nem sempre será possível utilizar tais etiquetas, principalmente no que se refere ao tamanho das mesmas em relação ao componente impresso. Como trabalho futuro serão desenvolvidos estudos para se adequar as curvas a integração proposta.

4. CONCLUSÃO

O presente artigo não tem a pretensão de responder a todos as questões técnicas relacionadas ao tema, mas abrir a discussão sobre futuros trabalhos. As pesquisas ainda estão nas fases iniciais, mas em breve novas considerações serão apresentadas.

5. BIBLIOGRAFIA

GS1. (2015). *Materiais Técnicos*. Acesso em 10 de Janeiro de 2015, disponível em GS1 Brasil: <https://www.gs1br.org/>

KALPAKJIAN, S.; SCHMID, S. R. (2006). *Manufacturing Engineering and Technology*. Singapore: Pearson Prentice Hall.

TECHNOLOGYREVIEW. (2013). *Breakthrough Technologies*. Acesso em 28 de Outubro de 2013, disponível em <http://www.technologyreview.com/lists/breakthrough-technologies/2013/>

THE GOVERNMENT OFFICE FOR SCIENCE. (2013). *The Future of Manufacturing: A new era of opportunity and challenge for the UK*. Londres: Foresight.

LIA. (2013). *Digital Photonic Production and Its Emerging Opportunities*. Acesso em 28 de Outubro de 2013, disponível em <http://www.lia.org/blog/2013/09/digital-photonic-production-and-its-emerging-opportunities/>

NIKITIN, P.V.; RAO, K.V.S.. *Antennas and Propagation in UHF RFID Systems*. IEEE RFID 2008 - Conference Precedings - 2008.