

DIGITALIZAÇÃO DO IMPULSOR DE UM TURBOCOMPRESSOR UTILIZANDO FOTOGRAMETRIA DIGITAL

Freddy Alejandro Portillo Morales, Universidade Federal de Uberlândia, freddyalejandropm@ufps.edu.co
Orlando Gutiérrez López, Universidad Francisco de Paula Santander, orlandogl@ufps.edu.co
José Ricardo Bermúdez Santaella, Universidad Francisco de Paula Santander, joserocardobs@ufps.edu.co

Resumo: Neste trabalho foi realizada a digitalização e caracterização geométrica do impulsor de um turbocompressor Garrett TV7701 utilizando a técnica da fotogrametria digital, mais econômica que técnica do scanner 3D. Através de fotografias ao redor do objeto de estudo, os dados geométricos como raios, diâmetros, espessuras, etc. foram obtidos e inseridos no software Solidworks para digitalização 3D. Este procedimento foi realizado após a criação de esboços em torno da circunferência base com um espaçamento radial de 5°. Este procedimento produziu excelentes resultados para simulações posteriores, uma vez que a metodologia aqui proposta apresenta uma solução viável e alternativa para a digitalização 3D de peças com geometrias complexas.

Palavras-chave: digitalização, impulsor, fotogrametria digital, fabricação aditiva

1. INTRODUÇÃO

Os dispositivos impulsionadores são de grande importância na indústria de motores e bombas hidráulicas. O impulso é provocado pelos motores de combustão interna que, junto com os turbocompressores, torna a combustão mais efetiva. O turbocompressor fornece ar pressurizado para que seja misturado com o combustível. O enfoque deste trabalho é o estágio de compressão, no qual o principal elemento é denominado “impulsor”. Desta forma, foi empregada a técnica da fotogrametria digital, uma técnica mais econômica entre as possíveis da engenharia reversa.

Segundo Rojas (2007), o fim da engenharia reversa é transportar a geometria de uma peça a um programa de Desenho Assistido por Computador (CAD), permitindo seu posterior estudo ou modificação. Para a digitalização, existem duas maneiras gerais para classificação dos métodos: com contato e sem contato. A partir desta classificação, existem três tipos de técnicas: palpação (tracking), imagiologia de reconstrução (imagem) e técnica de detecção gama. Referindo-se a segunda técnica, realiza-se de duas formas: por meio da reconstrução de imagens superficiais do objeto ou por meio de imagens por camadas, exemplo desta última é a tomografia axial realizada por Santos (2006).

Neste trabalho, a digitalização foi realizada utilizando a técnica da fotogrametria digital com auxílio de uma câmera profissional para coleta de pontos no espaço do objeto a se digitalizar. Também foi realizada a avaliação dos diâmetros do mensurando através de um paquímetro digital.

A técnica da fotogrametria digital consiste em tirar imagens estereoscópicas, ou seja, a obtenção de fotogramas ao redor da peça com um gradiente angular previamente definido. Por isso, faz-se necessária a fixação da peça em uma base giratória que permita tirar fotos no ângulo correto.

2. IMPULSOR

Turbocompressores são dispositivos mecânicos que permitem melhorar a relação da mistura entre combustível e ar no interior do cilindro do motor. Este procedimento é necessário para um aumento do poder de queima. O turbocompressor é responsável pela introdução de ar na câmara de combustão (cilindro) para oxigenar a mistura. Este dispositivo é movido, aproveitando a energia possuída pelos gases de combustão da saída do motor, que entram em uma turbina que está ligada através de um eixo com uma roda do compressor, conhecida como impulsor. Segundo Millares et al. (1987) este elemento é particularmente usado para gerar o impulso do fluido, neste caso com o estator atingindo um diferencial de pressão em compressores centrífugos, este diferencial de pressão pode ser aumentada enquanto maior é o número de etapas tenha o sistema.

Neste trabalho o objeto de estudo é um impulsor que pertence a um turbocompressor Garrett TV7701 de lâminas encurvadas para frente com um total de 6 lâminas principais e 6 lâminas secundárias, Fig. (1).

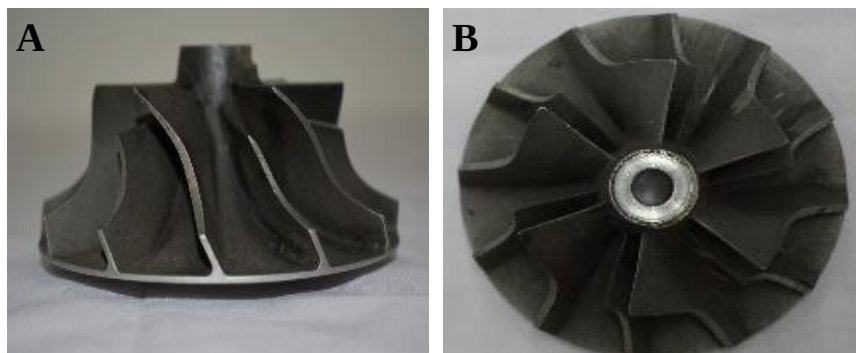


Figura 1: Vista frontal (A) e vista superior (B) do impulsor do turbocompressor Garrett TV7701.

3. METODOLOGIA

Para a digitalização 3D do impulsor foi utilizado o software Solidworks Education Edition 2014 devido a sua interface e capacidade de processamento. Para a realização da fotogrametria foi necessário o uso de uma câmera fotográfica Canon EOS 5D cujas fotografias permitiram observar os pontos da curva guia das lâminas para sua construção 3D. Ademais, para o processo da engenharia reversa foram medidos os diâmetros base e as espessuras das lâminas com paquímetro digital e aplicou-se a fotogrametria digital como técnica sem contato. A seguir apresentam-se as cinco etapas da metodologia utilizada para digitalização 3D do impulsor.

3.1. Primeira Etapa

O procedimento começou com a fotogrametria digital, dispondo o impulsor sobre uma base rotativa para tirar fotografias a cada 5°, obtendo as vistas de distintos pontos para realizar a construção das curvas guias que definem a geometria das lâminas.

A coleta de dados através da fotogrametria permitiu conhecer os ângulos de recorrido das lâminas principais e secundárias, neste caso o recorrido das lâminas principais é de 40°, como apresentado na Fig. (2). Além dos ângulos de incidência ao começo da lâmina e ao final da mesma, como apresentado na Fig. (3), um importante dado para o funcionamento do impulsor.

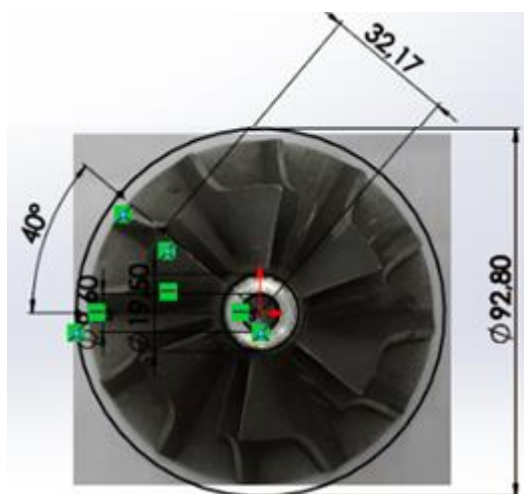


Figura 2: Dimensões e ângulo da lâmina principal do impulsor.

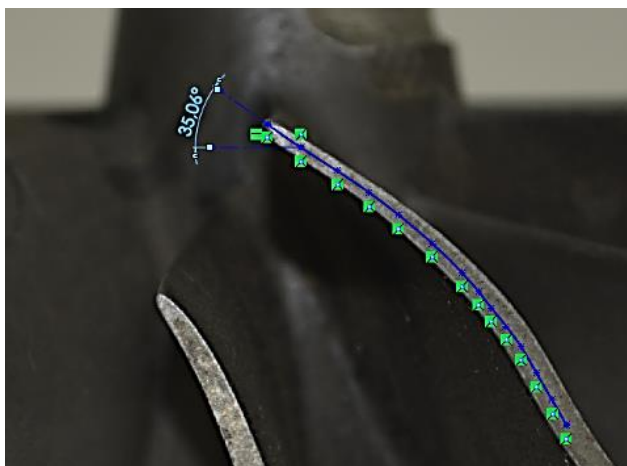


Figura 3: Ângulo de incidência no começo da lâmina principal do impulsor.

3.2. Segunda Etapa

Após a coleta dos dados geométricos foi realizada a construção da curva guia das lâminas. O método utilizado para a construção desta curva guia, foi a criação de planos a 5° cada um, sobre a circunferência que define o diâmetro menor, no começo das lâminas.

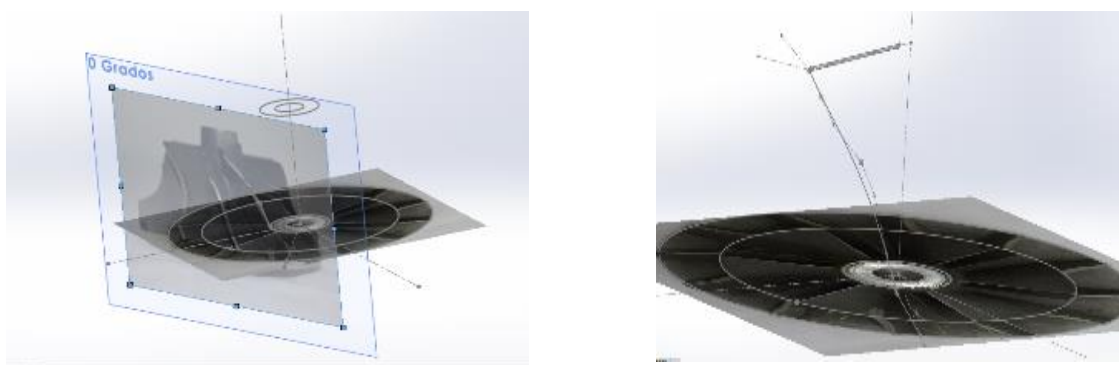


Figura 4: Metodologia da construção da curva guia das lâminas.

A construção da curva guia das lâminas é necessária para a completa construção da lâmina, pois embora que a espessura da lâmina é variável ao longo dela, esta curva permite conhecer o recorrido e os limites geométricos da lâmina. Para o cálculo geométrico das espessuras da lâmina foi utilizado o método de contato com um paquímetro digital. Obtendo assim as seguintes espessuras da lâmina principal, Tab (1).

Tabela 1: Espessuras na lâmina principal.

Lugar de medição na lâmina principal	Dimensão (mm)
Início de carreira	0,76 mm aprox. se ajusta a 0,75 mm
Metade de carreira (espero máximo)	1,90 mm
Final de carreira	1,32 mm aprox. se ajusta a 1,30 mm

3.3. Terceira Etapa

Após a obtenção dos dados geométricos específicos da lâmina, foi realizada a geração geométrica no software Solidworks. Foi utilizada a operação “recobrir”, criando anteriormente os planos transversais à curva com os dados coletados da espessura da lâmina, Fig. (5).



Figura 5: Geração da lâmina principal. Modelo em processo de digitalização.

3.4. Quarta Etapa

Após da criação do par de lâminas pelo mesmo método, foi feita a operação matriz circular, a qual consiste numa operação de arreglo polar, entendendo que além de simétrico, o objeto tem uma série de par de lâminas idênticas, Fig. (6).

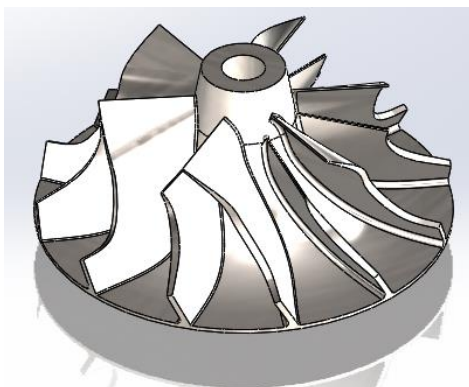


Figura 6: Impulsor do turbocompressor Garret TV7701 (modelo digitalizado).

3.5. Quinta Etapa

Na quinta etapa do projeto foi realizada a verificação do elemento digitalizado para comprovar a eficiência da metodologia utilizada. Para comprovar que a geometria obtida é a mais similar possível ao modelo original, foi feita a impressão 3D, onde foi apreciado o modelo gerado em espécie e foi feita a comparação direta com o modelo original. A impressão 3D foi feita com uma impressora Prusa Tairona da Make-R, Fig. (7).

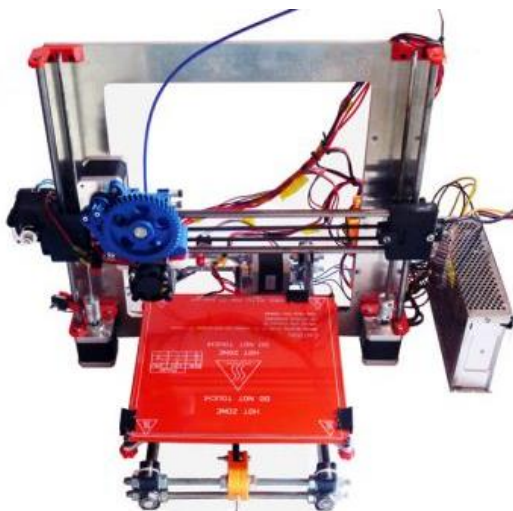


Figura 7: Impressora Prusa Tairona 3D da Make-R (Make-R, 2016).

A impressão foi feita em termoplástico ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) com uma espessura de capa de 0,2 mm e uma densidade de impressão do sólido de 15%.

A seguir é apresentada a comparação entre o modelo impresso e o modelo original do impulsor na Fig. (8) e na Fig. (9).



Figura 8: Vistas superiores do modelo original em comparação com os modelos impressos. A) Modelo original; B) Primeiro modelo impresso; C) Segundo modelo impresso, com correções de geometria.

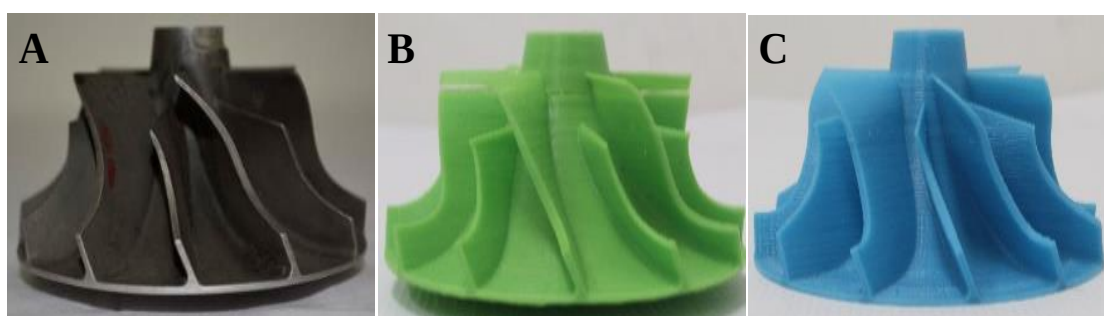


Figura 9: Vistas frontais do modelo original em comparação com os modelos impressos. A) Modelo original; B) Primeiro modelo impresso; C) Segundo modelo impresso, com correções de geometria.

Foram feitas duas impressões em 3D (a primeira na cor verde e a segunda na cor azul). A primeira impressão apresentou necessidades de correção de geometria em torno à curvatura e espessura das lâminas. Portanto, é importante realizar uma comprovação da digitalização através da observação física dos modelos.

4. CONCLUSÕES

Na busca de uma opção eficiente e de baixo custo para a digitalização 3D do impulsor, conclui-se que a técnica da fotogrametria digital produziu bons resultados. Devido à grande capacidade de recursos básicos, a fotogrametria digital permite coletar dados e coordenadas através de fotografias digitais, inclusive de geometrias com alto grau de complexidade, como a geometria de um impulsor, reproduzido um modelo desta peça com grande exatidão e de forma econômica.

Para a digitalização também se faz necessário um software que apresente os resultados da fotogrametria digital. Neste trabalho foi utilizado o Solidworks devido às suas características de interface de trabalho, permitindo um trabalho fluente segundo as necessidades, portanto, é possível utilizar imagens de fundo à função “esboço”, que fornece o Solidworks, e a geração de planos de referência, os quais serviram para a coleta de coordenadas e caracterização geométrica, identificando diâmetros, ângulos, raios e curvas complexas.

Para a verificação da qualidade da digitalização 3D se fez uma impressão para a comparação física dos modelos, na primeira impressão foram descobertos alguns erros geométricos que serviram para corrigir o modelo em Solidworks. Portanto, é aconselhável conferir o processo de digitalização através da impressão 3D, devido a possíveis problemas causados pela perspectiva geométrica das imagens.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Francisco de Paula Santander, em Cúcuta - Colômbia, ao “Grupo de Investigación de Desarrollo en Procesos Industriales” (GIDPI) que apoiou a iniciativa desta pesquisa, à Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e à Comissão Organizadora do POSMEC 2016 por permitir difundir o desenvolvimento desta pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

- Acosta Rojas, J., Duque Daza, C., Galeano Urueña, C. and Mantilla González, J. 2007. “Digitalización 3D Del Rodete de un Compresor Centrífugo: un Procedimiento Alternativo”. Revista Chilena de Ingeniería, 15(3), pp.236-244.
- Demeulenaere, Alain. 1998. “Application of a Three-Dimensional Inverse Method to the Design of a Centrifugal Compressor Impulsor.”
- González Santos, D., Osorio, L. And Tibaquirá, J. 2006. “Caracterización Geométrica y Técnica de un Turbocompresor de un Vehículo Mazda” 4.5T. Scientia et Technica, (30), p.6.
- Make-R. 2016. Disponível em: < <http://make-r.com/tienda/producto/kit/kit-impresora-3d-prusa-tairona/>> Acessado em 19/11/16.
- Millares De Imperial, Juan. “Turbo: Sobrealimentación de Motores Rápidos”. España: CEAC, 1987. 211p.

7. DIREITOS AUTORIAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.