



21 - 25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

AVALIAÇÃO GEOMÉTRICA DE IMPRESSORA 3D UTILIZANDO MEDIÇÃO POR COORDENADAS E ESCANEAMENTO DE PEÇA PADRÃO

Marlus Dec, marlus.dec@ifsc.edu.br¹
Aurélio da Costa Sabino Netto, a.sabino@ifsc.edu.br¹
André Roberto de Sousa, asousa@ifsc.edu.br¹
Cassiano Bonin, cassbonin@ifsc.edu.br¹
Leonardo Santana, leonardosantana29@gmail.com¹

¹Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC, Departamento de Mecatrônica, Av. Mauro Ramos, 950, Bairro Centro, CEP 88020-300, Florianópolis, SC, Brasil

Resumo: O não atendimento a requisitos de alinhamento geométrico em impressoras 3D implica no mau funcionamento e na falta de qualidade dos objetos produzidos. Constituídas de componentes mecânicos, eletroeletrônicos e softwares, as impressoras 3D open source são máquinas precisas que necessitam atender diretrizes técnicas para sua construção e funcionamento. Buscando avaliar a qualidade de ortogonalidade e posicionamento, mediu-se os eixos de uma impressora RepRap utilizando uma máquina de medir por coordenadas (MMC) e comparou-se os resultados com valores obtidos através do escaneamento de uma peça padrão impressa. A proposta de geometrias de peças para avaliação da qualidade de impressão é uma prática recorrente, sendo proposta nesta pesquisa a construção de um cubo constituído de nove furos em cada face. Através do escaneamento a laser, com um braço de medição tridimensional (AACMM), verificou-se que a peça impressa apresentou desvios de perpendicularidade, correspondentes aos desvios medidos nos eixos da impressora, permitindo-se qualificar a impressora 3D e relacionar o resultado da peça proposta à sua qualidade geométrica e dimensional. Verificou-se que a impressora supre as necessidades de fabricação, porém os desvios indicam que a máquina necessita de melhorias e ajustes para produzir com mais qualidade, principalmente na calibração dos eixos X, Y e Z, para redução dos desvios de perpendicularidade existente.

Palavras-chave: impressora 3D, RepRap, posicionamento, calibração, alinhamento.

1. INTRODUÇÃO

Romero *et al.* (2014) mencionam que impressoras RepRap são fruto da cultura DIY (*do-it-yourself*) e consideradas máquinas de manufatura aditiva pelo processo de Fabricação por Filamento Fundido (FFF) ou Modelagem por Deposição de Material Fundido (FDM).

Para Bell (2014) a expansiva produção de objetos tridimensionais por meio de impressoras 3D de código aberto tem impulsionado pesquisas para se obter mais qualidade nas máquinas e nas peças impressas. A exatidão de movimento e o sincronismo entre os eixos da impressora são fundamentais e podem ser investigados por meio de medições diretas e indiretas.

A utilização de réguas e esquadros, bem como de relógios comparadores e palpadores, tem grande empregabilidade nas medições e ajustes e são largamente utilizados na avaliação e calibração de máquinas, porém restrições como fixação, acesso a componentes, manuseio, leitura dos instrumentos, resolução e exatidão das medições, limitam a confiabilidade e a intervenção por melhorias (SOUSA, 2000).

Diante destas dificuldades e instrumentos restritos, uma alternativa é utilizar-se de máquinas e ferramentas de medição mais sofisticadas, como a medição por coordenadas e o escaneamento a laser. A difícil e custosa disponibilidade destes equipamentos, para o público em geral, inviabiliza estudos mais aprofundados para a difusão do conhecimento sobre as condições geométricas de impressoras usadas mundialmente.

A avaliação geométrica de máquinas permite atuar no desempenho dos movimentos e possibilita o alcance de maior exatidão e superação das limitações mecânicas (ECKHARDT *et al.* 2007).

As máquinas utilizadas atualmente apresentam estruturas físicas similares e o princípio de movimentação é composto de três eixos lineares, X, Y, Z, espaçados perpendicularmente entre si, formando um sistema cartesiano. Esta configuração objetiva o movimento suave, no entanto, efeitos intrínsecos e extrínsecos inviabilizam o perfeito funcionamento de movimentação do sistema tornando os deslocamentos irregulares (ARENHART, 2007).

Tratando-se de três conjuntos independentes, porém, interferentes um com o outro, facilmente encontram-se erros e desvios geométricos entre eles. Um dos defeitos é usualmente relatado pelos conceitos relacionados à cinemática, quando existem forças não aplicadas no centro de massa de um corpo. Os conceitos envolvidos definem a necessidade de seis graus de liberdade para localizar o corpo no espaço. Estes graus de liberdade são divididos em três movimentos de translação e três movimentos de rotação (*pitch, roll, yaw*) (BARROS, 2002).

Os erros geométricos afetam a posição e trajetória de uma máquina e podem ser caracterizados por duas componentes ortogonais retilíneas, medindo-se uma no plano do desvio e outra fora do plano de desvio, como é o caso da planicidade. Estes erros são provenientes das imperfeições estruturais e de desalinhamentos nas máquinas. O resultado para tais defeitos é encontrado na falta de paralelismo e perpendicularismo entre os eixos, o que ocasiona erros de forma e posição (LEITE et al. 2011 apud RUBIO, 2010).

Foggiatto *et al.* (2009) mencionam que, com a pretensão de se determinar a exatidão de impressoras, muitas pesquisas são desenvolvidas avaliando-se a qualidade dimensional e superficial das peças impressas, usando tais resultados como parâmetro para justificar se a máquina está bem calibrada.

Ziemanin e Crawn (2001) mencionam que as variáveis influentes para o processo FDM são as orientações de construção, espessura de deposição, diâmetro do filamento e configuração de preenchimento. Ainda comentam que as variáveis citadas interferem significativamente no tempo de produção, na precisão, qualidade dimensional e no acabamento superficial do objeto.

Em razão das diversas características apresentadas, muitas variáveis podem ser motivo de estudo em peças e máquinas de manufatura aditiva. Num estudo realizado por Alhubail (2012), verificou-se o quanto os parâmetros de espessura de camada, vazios, largura de contorno, orientação e largura raster, influenciam na qualidade dimensional e superficial de uma peça. Concluíram que a espessura de camada e a largura raster ajudam na qualidade e precisão dimensional, enquanto a redução dos espaços vazios aumenta a resistência à tração.

Vislumbrando este tema, projetou-se nesta pesquisa uma peça em formato de cubo com características correspondentes aos desvios geométricos de planeza, paralelismo, perpendicularidade e posição. O objetivo recaiu no projeto de um modelo físico que possa ser influenciado pelas características e condições de impressão durante sua construção e que viabilize a medição através de uma máquina de medir por coordenadas e escaneada em um braço de medição tridimensional.

O resultado da pesquisa servirá para responder se é possível identificar desvios geométricos de impressoras através da medição de peças impressas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O objeto de pesquisa é uma impressora 3D de código aberto, modelo MendelMax, com dimensões estruturais de 490x390x410mm, respectivas ao comprimento, largura e altura. Com referência à sua movimentação, a configuração ortogonal da impressora é XZ-Y, sendo que o cabeçote extrusor se move em dois eixos, XZ, e a base de impressão se move em Y, conforme a "Fig. 1".

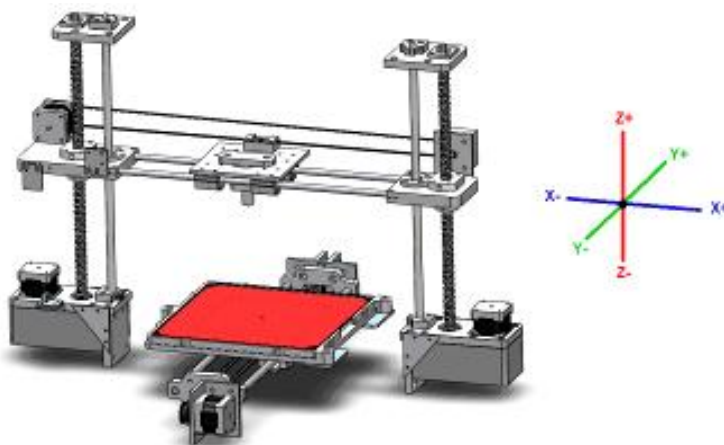


Figura 1 - Sistema de movimentação da impressora 3D pesquisada.

As atividades de impressão e de medição aconteceram em um Laboratório de Metrologia utilizando-se uma Máquina de Medir por Coordenadas, modelo LK G80C, e um Braço de Medição Tridimensional, modelo Romer Absolute Arm SI 7 Axis.

Seguindo a norma NBR NM-ISO 230-2 para as medições e o tratamento estatístico dos dados, realizou-se 5 ciclos de aquecimento na impressora, deslocando seus eixos ao longo da área útil de impressão a uma velocidade de 3600 mm/min.

Por apresentar cursos de movimentação inferiores a 2000 milímetros, mediu-se com a MMC cinco posições teóricas em cada eixo da máquina, realizando-se 2 ciclos de ida e volta. Foram adotadas distâncias de posicionamento de 37mm para o eixo X, 36mm para o eixo Y e 28mm para o eixo Z.

Como se pretende desconsiderar uma possível folga de *backlash*, atrito e esforço mecânico das chaves fim de curso, e considerar valores negativos de histerese na primeira posição de ensaio, deslocou-se os eixos da máquina 1mm no sentido de movimentação do ensaio antes de iniciá-lo. A "Figura 2" ilustra os dois ciclos de medição a serem realizados.

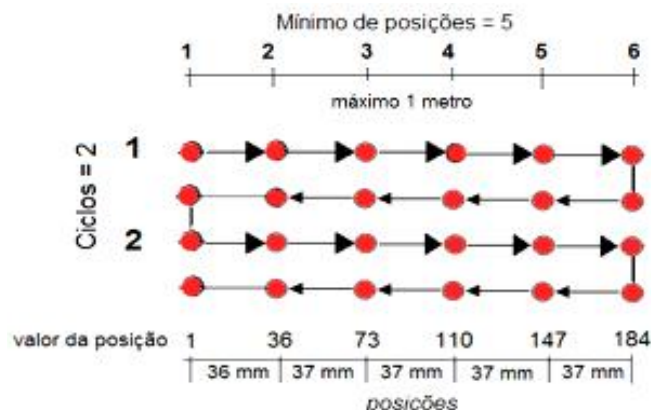


Figura 2 - Posições teóricas a serem medidas em dois ciclos de posição.

Adotou-se para as medições duas esferas polidas de aço com 25 mm de diâmetro, para medição no sentido X e Z, e uma barra com esferas em suas extremidades para medição no sentido Y. A coleta consistiu em apalpar 5 pontos no hemisfério superior das esferas, em 5 posições diferentes, ao longo de cada eixo. A "Figura 3" ilustra os locais de fixação das esferas utilizadas na avaliação da impressora.

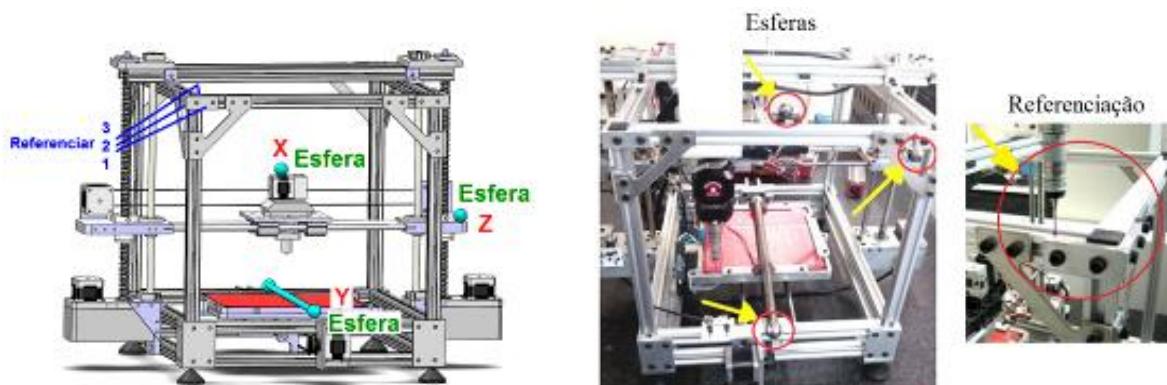


Figura 3 - Método de referência e fixação de esferas de medição na impressora.

No projeto de uma peça para comparação se preocupou com características e formatos que permitissem sua medição e que os resultados representassem com mais confiança a realidade geométrica da impressora.

Desenhou-se no software Solidworks um cubo com medidas de 80mm, espessura de 5mm e 9 furos de Ø16mm em cada face. Após o desenvolvimento CAD configurou-se os parâmetros de impressão no software Slic3r, para camadas de 0,3mm, densidade 20%, padrão de preenchimento honeycomb/rectilinear, 1 preenchimento por camada, velocidade de impressão do perímetro em 60mm/s e do preenchimento 40mm/s. O material de deposição adotado foi o filamento de PLA (ácido polilático) com diâmetro de 1,75mm e coloração semitransparente.

Após o objeto impresso mediu-se na MMC as faces e os furos do cubo, coletando-se 8 pontos em cada uma das faces e 8 pontos nos furos diagonais extremos, conforme ilustrado na "Fig. 4".

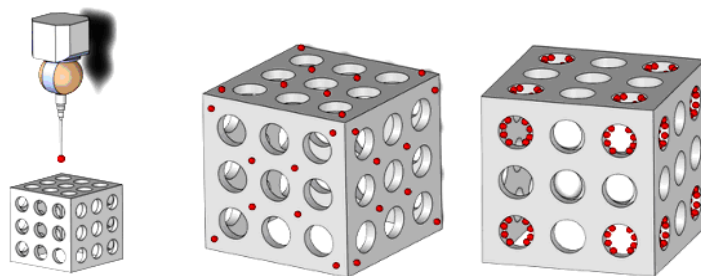


Figura 4 - Método de medição da peça padrão em formato de cubo.

O terceiro e ultimo ensaio consistiu no escaneamento da peça proposta, utilizando um escâner laser modelo RS2 integrado ao braço de medição tridimensional e o processamento através do software PolyWorks. Os parâmetros utilizados consistiram em parametrizar a malhagem com distância máxima de 1mm, desvio padrão de 0,05mm, tolerância de redução de 0,01mm, e a não utilização de nível de suavização, permitindo-se coletar aproximadamente 6.000.000 de pontos referentes ao escaneamento da peça.

Para apresentação dos resultados os dados coletados foram tabulados e comparados entre si, dando resultado a gráficos de linha.

3. RESULTADOS

3.1. Posicionamento dos eixos da impressora

As avaliações do ensaio de posicionamento no eixo Y da impressora mostraram um desvio sistemático de 0,026mm e uma histerese de 0,001mm. Percebeu-se através da representação gráfica um comportamento linear decrescente e negativo entre o primeiro e o ultimo ponto medido. Outro parâmetro identificado foi a repetitividade com um desvio de 0,008mm e a exatidão com 0,027mm. A "Figura 5" ilustra os desvios identificados em cada posição deslocada.

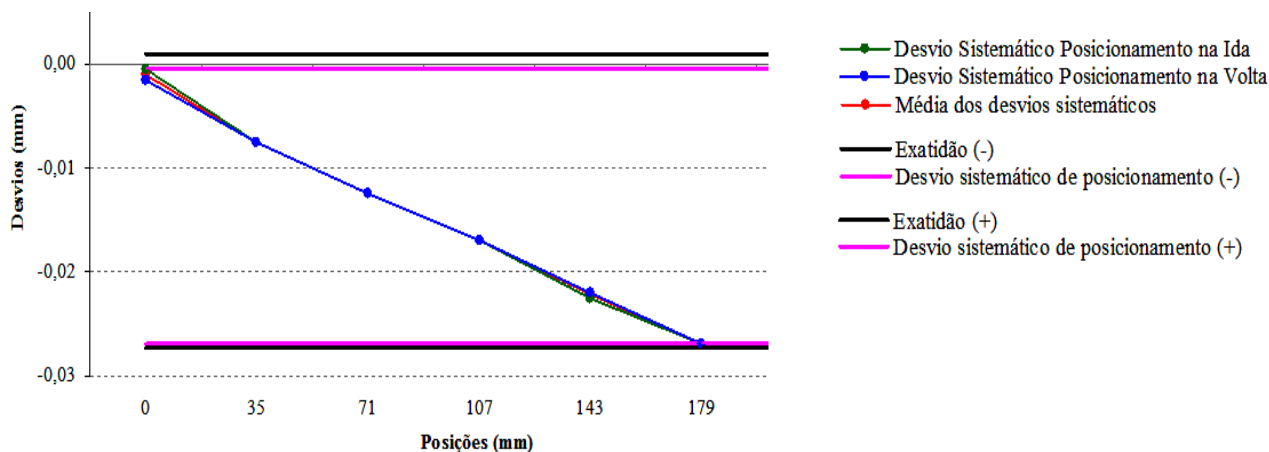


Figura 5 - Resultado de posicionamento do eixo Y.

Com os dados obtidos no ensaio do eixo Z, verificou-se uma oscilação entre as posições 55, 83 e 111mm, porém o erro não ultrapassou 2 centésimos de milímetro.

O resultado obtido no eixo Z foi melhor que os resultados encontrados em X e Y. Com a utilização de fuso de esferas, ao invés de barra roscada ou polia e correia, a resolução do eixo Z apresentou melhor resultado podendo ser comprovado nos resultados obtidos. O desvio sistemático encontrado no eixo Z foi de 0,011mm e a histerese 0,01mm. Os resultados de repetitividade e exatidão corresponderam a 0,042mm e 0,047mm, respectivamente.

O gráfico da "Fig. 6" corresponde ao ensaio realizado no eixo Z e indica as curvas de desvio, repetitividade e exatidão.

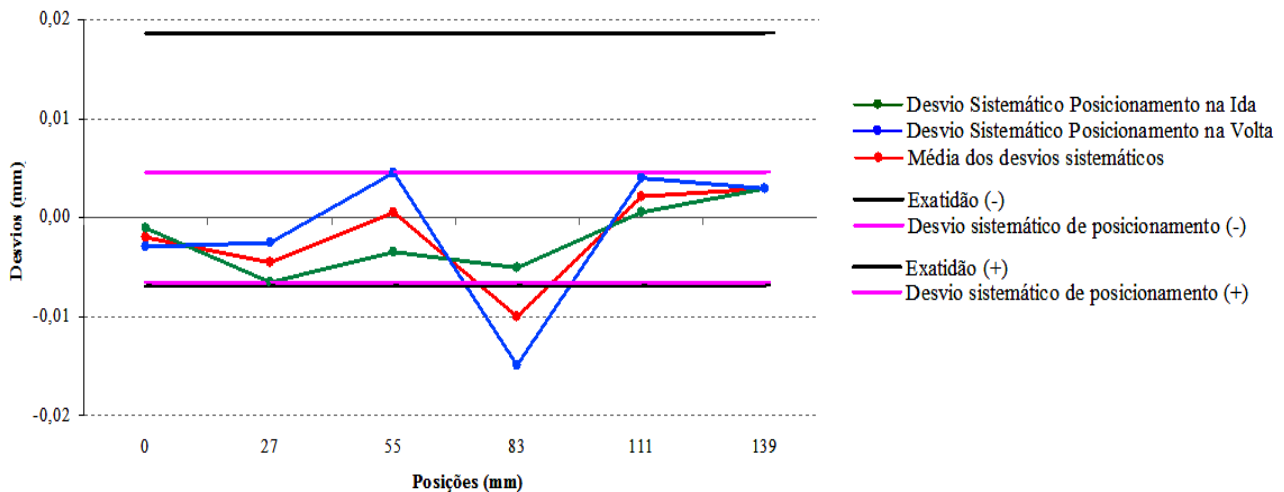


Figura 6 - Resultado de posicionamento do eixo Z.

A terceira medição com a MMC foi realizada no eixo X da impressora, apalpando-se a esfera de referência que teve sua posição estratégica fixada sobre o extrusor *Bulldog XL*.

A "Figura 7" mostra que o desvio sistemático encontrado em X foi de 0,024mm e a histerese de 0,005mm. Outros dois importantes resultados se referem à exatidão, com 0,029mm, e à repetitividade, com 0,025mm.

O comportamento das curvas apresentadas no gráfico do ensaio em X se mostraram muito similares ao ocorrido no eixo Y. Uma linha decrescente, ilustrando a sobreposição dos desvios de ida e volta, no eixo X, caracterizou um erro negativo quase constante e demonstrou uma pequena oscilação entre a posição 36 e 110 mm.

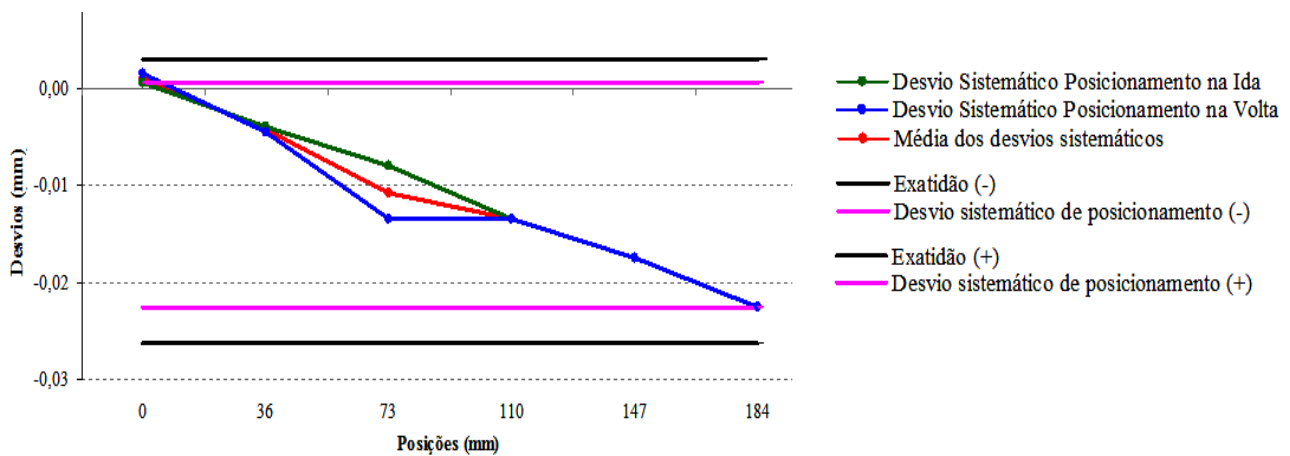


Figura 7 - Resultado de posicionamento do eixo X.

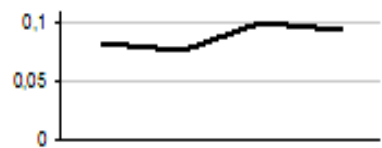
3.2. Retitude e perpendicularidade entre os Eixos X, Y e Z

A avaliação de retitude, utilizando uma máquina de medir por coordenadas, permite analisar se as movimentações dos eixos estão acontecendo linearmente ou apresentam desvios.

A partir das 5 medições realizadas nos ensaios de posicionamento foi possível determinar uma linha e verificar o erro de retitude em X, Y e Z, atribuindo ao maior valor medido o resultado de retitude do correspondente eixo.

A "Tabela 1" apresenta os dados de desvio encontrados no ensaio de retitude e exemplifica cada eixo através de uma curva de erros nas 5 posições medidas.

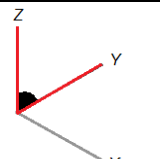
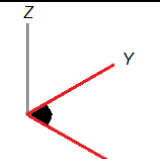
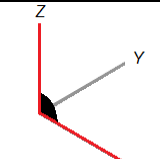
Tabela 1 - Retitude nos eixos Y, Z e X, obtidos da medição com a MMC.

Eixo	Y	Z	X
Retitude (mm)	0,101mm	0,026mm	0,074mm
Exemplo			

O maior desvio de retitude foi indicado no eixo Y, com um valor de 0,101mm, seguido pelo eixo X, com 0,074mm, e por fim pelo eixo Z, com 0,026mm. Tomando como referência o maior valor entre os eixos, no caso o Y, entende-se que ao realizar uma movimentação da mesa de impressão esta se desloca linearmente entre as duas extremidades do eixo com uma variação menor que 0,100 mm.

Outra importante utilização das informações de retitude consiste em utilizar os valores de cada eixo relacionando-os um com o outro para então encontrar os valores de perpendicularidade existente entre eles. A "Tabela 2" apresenta os valores de desvio de perpendicularidade e a relação entre os eixos através de ilustrações.

Tabela 2 - Perpendicularidade entre os eixos da impressora obtidos da medição com a MMC.

Relação entre eixos	YZ	XY	XZ
Perpendicularidade (mm)	0,131 mm	0,318 mm	0,289 mm
Ângulo	90,042°	89,897°	89,909°
Exemplo			

3.3. Resultado do escaneamento da peça utilizando braço de medição tridimensional

Analisando individualmente as faces do cubo escaneado percebeu-se que o melhor resultado obtido foi a planicidade da face inferior da peça (Y-), com 0,039mm, enquanto a pior foi na face lateral direita com 0,295mm.

O resultado médio para as faces escaneadas foi de 0,218mm, perceptível através da "Fig. 8" que mostra o gráfico dos desvios de planicidade das faces da peça.

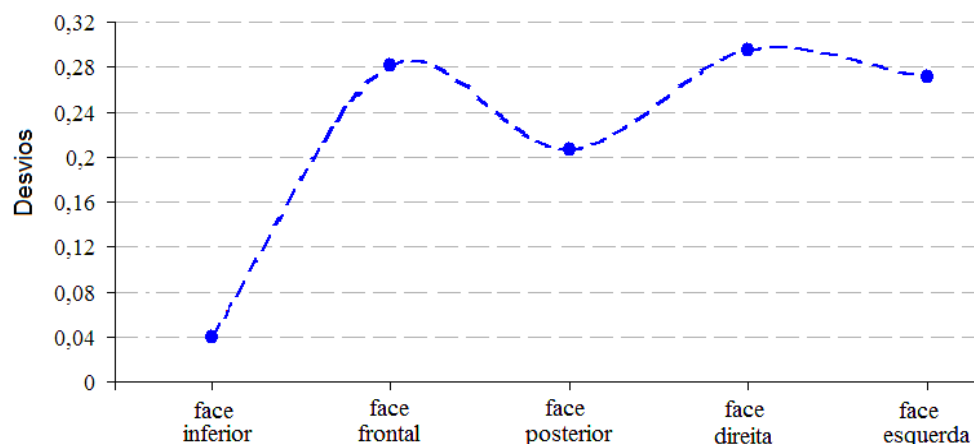


Figura 8 - Gráfico representativo de desvios de planicidade obtidos através de escaneamento.

Outra avaliação permitida através do escaneamento foi verificar o diâmetro médio dos 45 furos, que correspondeu a um desvio médio de 0,030mm. A "Figura 9" mostra a curva de desvios do diâmetro dos furos e suas respectivas faces.

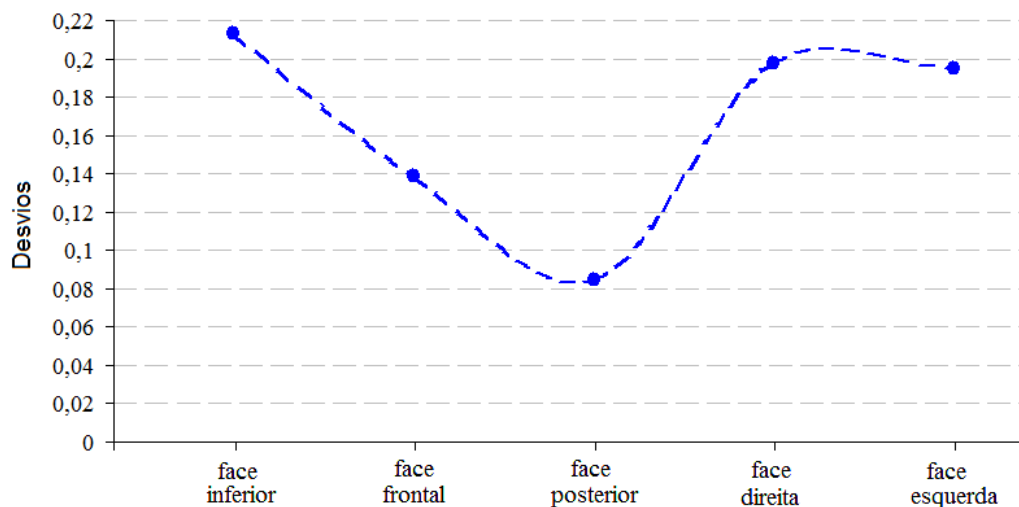


Figura 9 - Gráfico representativo de desvios de diâmetro dos furos obtidos através de escaneamento.

É perceptível através da "Fig. 9" que houve uma variação de valores entre os diâmetros das faces, apresentando os melhores resultados a face posterior e frontal, com 0,084mm e 0,139mm, respectivamente. Já o desvio maior foi de 0,213mm, na face inferior, correspondente a face que fica aderida na mesa de impressão.

No ensaio de perpendicularidade analisou-se a relação entre as faces laterais e inferior e apenas entre as faces laterais. Os resultados indicados nos primeiros quatro valores da "Fig. 10" referem-se à comparação da face inferior com as demais, enquanto os quatro últimos apenas entre as faces frontal e posterior com as laterais.

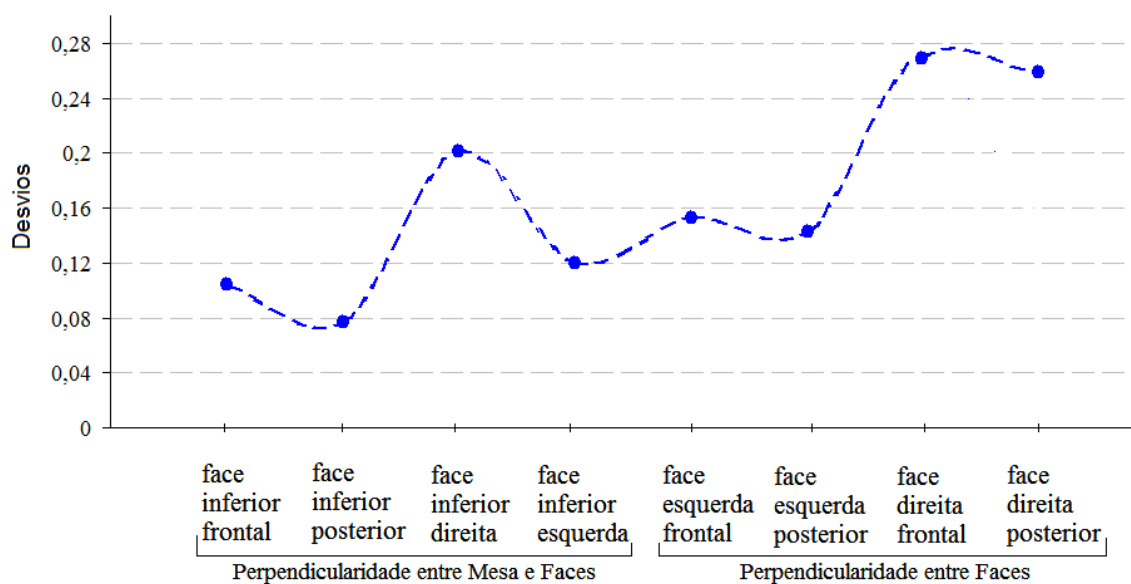


Figura 10 - Gráfico representativo de desvios de perpendicularidade obtidos através de escaneamento

Analisando a perpendicularidade da face inferior (mesa), em relação às demais, verificou-se um desvio mais significativo na face direita com um desvio de 0,201mm. Também é possível perceber que o desvio entre a face direita com as faces frontal e posterior indicou em elevado desvio de 0,26mm e 0,27mm, respectivamente.

Para uma análise visual dos desvios superficiais da peça utilizou-se a tecnologia disponibilizada pelo *software* do braço de medição e gerou-se um mapa de cores de toda a peça, possibilitando a identificação dos locais que apresentam maior desvio. A "Figura 11" ilustra o objeto escaneado e a respectiva coloração de desvios em escala.

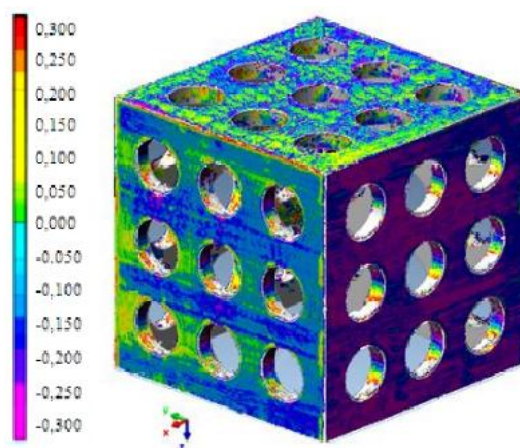


Figura 11 - Mapa de cores dos desvios de superfície da peça escaneada.

A última análise da impressora teve a premissa de avaliar a ortogonalidade entre seus eixos, X, Y e Z, e compará-los com os valores de perpendicularidade obtidos no escaneamento da peça. Para efeito de análise considerou a ilustração do cubo da "Fig. 12".

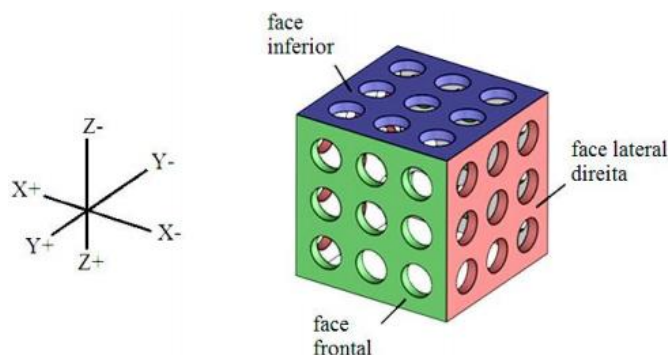


Figura 12 - Referência das faces para compreensão dos resultados de perpendicularidade obtidos através do escaneamento.

Ao avaliar a perpendicularidade entre os eixos Y e Z encontrou-se um desvio de 0,131 mm, sendo que para os demais eixos o erro foi maior. Os desvios de perpendicularidade obtidos no escaneamento da peça, relacionados à face obtida da mesa de impressão, indicaram que a peça apresenta uma inclinação para trás, com um desvio de 0,077 mm em relação a face frontal, e 0,104mm em relação a face posterior, conforme ilustrado na "Fig. 13".

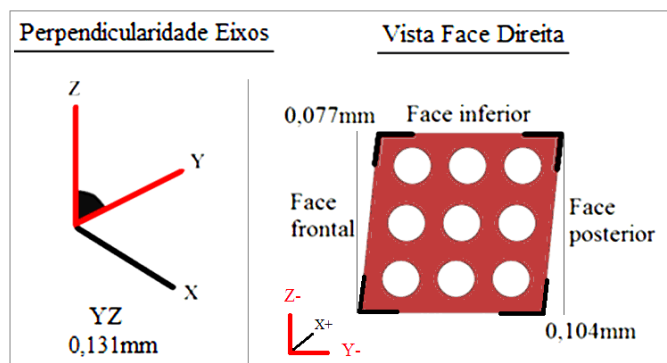


Figura 13 - Perpendicularidade entre a face inferior/frontal e inferior/posterior da peça escaneada.

A segunda situação indica que a peça encontra-se inclinada para a direita, apresentando um desvio de 0,120 mm em relação a face esquerda e 0,201 mm em relação a face direita. Para comparação neste segundo caso o desvio de perpendicularidade obtido no ensaio dos eixos da impressora indicou um desvio de 0,289 mm entre os eixos X e Z.

A inclinação da peça indicada pelos valores obtidos no escaneamento é ilustrada na "Fig. 14".

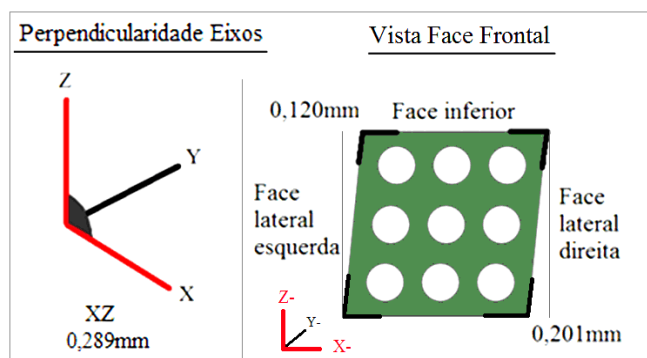


Figura 14 - Perpendicularidade entre a face inferior/esquerda e inferior/direita da peça escaneada.

Outros desvios encontrados no escaneamento da peça estão relacionados à perpendicularidade entre a face frontal e posterior com as faces laterais. A face frontal indicou um desvio de 0,143 mm com a face esquerda e 0,259 mm com a face direita. Já na face posterior o desvio com a face esquerda correspondeu a 0,153 mm, enquanto com a face direita o desvio foi de 0,269 mm. A "Figura 15" ilustra a relação entre estes desvios encontrados e o formato irregular que a peça apresenta, podendo-se comparar estas medidas com o respectivo desvio de perpendicularidade de 0,318 mm encontrado entre os eixos X e Y da impressora.

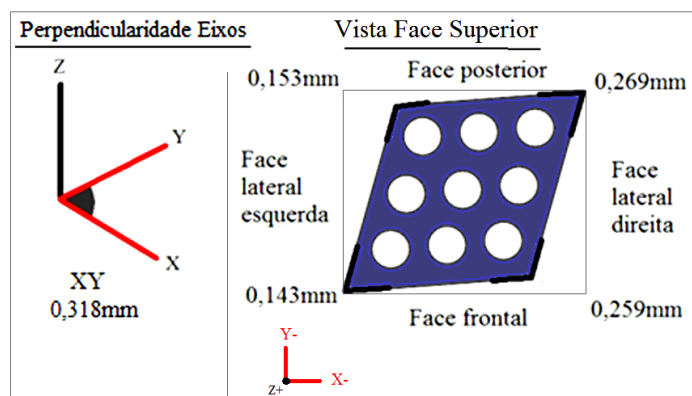


Figura 15 - Perpendicularidade entre a face frontal/esquerda/direita e posterior/esquerda/direita da peça escaneada.

4. CONCLUSÃO

Considerando as características de uma impressora RepRap de baixo custo e de código aberto, avaliou-se a precisão de movimentação e os desvios geométricos utilizando uma máquina de medir por coordenadas. Os resultados indicaram que os posicionamentos ao longo dos eixos apresentam desvios sistemáticos de ordem centesimal, atingindo as posições comandadas de forma precisa. As exatidão esperada de 0,022mm, para os eixos XY, e 0,004mm, para o eixo Z, foram confirmadas através do ensaio que indicou nos piores casos uma repetitividade de 0,042mm e uma histerese de 0,010mm.

No tocante à ortogonalidade dos eixos da impressora, a máquina de medir por coordenadas permitiu identificar desvios significativos entre XY, ZX e ZY, porém abaixo de 0,318mm. Estes desvios de perpendicularidade não interferiram na avaliação de posicionamento da impressora, mas contribuíram para um desvio na qualidade de impressão das peças.

Além das medições diretas na impressora uma proposta de peça em formato de cubo objetivou identificar os desvios de perpendicularidade e posicionamento da máquina. Os resultados indicaram que a peça apresentou inclinações para trás e direita, e falta de perpendicularidade entre as laterais com a face frontal e posterior. Estes resultados foram obtidos através do escaneamento 3D e corresponderam aos resultados obtidos no ensaio de perpendicularidade dos eixos, confirmando que se tornou possível identificar, através da peça proposta, os desvios de ortogonalidade da impressora.

5. REFERÊNCIAS

- Romero L., Guerrero A., Espinosa M. M., Jiménez M., Domínguez I. A., Domínguez M., 2014, "Additive manufacturing with RepRap methodology: current situation and future prospects", *25th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium*, pp. 1-12, Austin, Texas.
- Bell C., 2014, *Maintaining and Troubleshooting Your 3D Printer*, Technology in Action, New York.

- Sousa A. R.. Padrões corporificados e a Tecnologia de medição por coordenadas inovando a Qualificação geométrica de centros de usinagem. 2000. 209 f.. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina.
- Eckhardt M., Ribeiro L. F. M., Shewingel F. P., Pellin A., Sackser G., Duarte L. C. S. Avaliação geométrica de máquinas-ferramentas CNC através do método de padrões corporificados. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, COBEF 2007. São Paulo: EPUSP, 2007. v.1. p.1-6
- Arenhart F. A. Desempenho Metrológico de Máquinas de Medição por Coordenadas no Âmbito Industrial Brasileiro. 2007. 62 f.. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina.
- Barros W. S. Implementação e validação de método comparativo de calibração de sistema por interferometria a laser para medição linear. 2002, 117 f.. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Metrologia para a Qualidade Industrial, Centro Técnico Científico da PUC-Rio, Rio de Janeiro.
- Leite W. O., Cruz I. A. L., Resende K. F., Rubio J. C. C. Prototipagem rápida por deposição de material fundido -uma aplicação acadêmica. In: ENEGEP -Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 31º, 2011, Belo Horizonte - Minas Gerais.
- Foggiatto J. A., Volpato N., Lima M. V. A., França G. Z., D'Estefani P., 2009, "Estudos de parâmetros da tecnologia de prototipagem rápida FDM para melhorias no planejamento de processo", *V COBEF, Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação*, pp. 1-10, Minas Gerais, Brasil.
- Zieman C. W., Crawn P. M. Computer aided decision support for fused deposition modeling. *Rapid Prototyping Journal*. v.7, n.3, p.138-147, 2001.
- Alhubail M. Statistical-based optimization of process parameters of fused deposition modelling for improved quality. 2012. 175 f.. Tese de Doutorado. Department of Mechanical and Design Engineering. University of Portsmouth. Inglaterra.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

3D PRINTER OF GEOMETRIC EVALUATION USING MEASURE FOR COORDINATES AND PART OF SCANNING STANDARD

Marlus Dec, marlus.dec@ifsc.edu.br¹
Aurélio da Costa Sabino Netto, a.sabino@ifsc.edu.br¹
André Roberto de Sousa, asousa@ifsc.edu.br¹
Cassiano Bonin, cassbonin@ifsc.edu.br¹
Leonardo Santana, leonardosantana29@gmail.com¹

¹Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC, Departamento de Mecatrônica, Av. Mauro Ramos, 950, Bairro Centro, CEP 88020-300, Florianópolis, SC, Brasil

Abstract. Failure to meet the geometric alignment requirements 3D printers involves the malfunction and lack of quality of the produced objects. Consisting of mechanical components, electronics and software, the open source 3D printers are precise machines that need to meet technical guidelines for their construction and operation. Seeking to evaluate the quality of orthogonality and positioning axes was measured from a RepRap printer using a machine for measuring coordinates (MMC) and compared the results with values obtained by scanning a printed standard part. The proposed geometries pieces for evaluation of print quality is a standard practice, and this research proposal to build a cube consisting nine holes in each face. Via laser scanning with a three-dimensional measuring arm (AACMM), it was found that the printout presented squareness deviations, corresponding to the measured deviations in the printer shafts, allowing to qualify the 3D printer and relate the result of the piece proposal to its geometric and dimensional quality. It was found that the printer meets the manufacturing requirements, but the deviations indicate that the machine needs enhancements and adjustments to produce a better quality, especially for calibration of the X, Y and Z, to reduce existing squareness deviations.

Keywords: 3D printer, RepRap, positioning, calibration, alignment.