



ESTUDO DE CASO SOBRE A OTIMIZAÇÃO DA APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DE DIGITALIZAÇÃO 3D

Manufatura avançada – Metrologia e Instrumentação

Autores

Angelo Reck Neto, Mestre em Engenharia Mecânica

Felipe Schneider Herrmann, estudante de Engenharia Aeroespacial

João Vitor Zattar, Engenheiro Mecânico

Orientadores

Anderson de Carvalho Fernandes, Mestre em Engenharia Mecânica

Andréa Loureiro Andrade, Mestre em Educação

Bruna Zappelino Camillo, Dr. em Ciência e Engenharia dos Materiais

angelo@4ci.com.br

RESUMO

O artigo apresenta uma análise dos testes experimentais conduzidos nos scanners 3D, visando identificar as melhores práticas de uso, e aborda aspectos como calibração, iluminação e preparação da peça.

Os resultados mostraram que a calibração é essencial para garantir a precisão dos dados digitalizados. Além disso, foi observado que superfícies foscas favorecem a digitalização, enquanto superfícies lisas geram reflexos e distorções. Além disso, o uso de adesivos de referência foi identificado como um meio eficaz para melhorar tanto a qualidade quanto a velocidade do escaneamento, mesmo em superfícies lisas.

Conclui-se que a otimização do processo de digitalização 3D demanda a realização de testes sistemáticos e a exploração de novas abordagens. Embora haja desafios, como o custo dos



insumos periféricos e a fadiga do operador, o artigo destaca a importância de incentivar o uso dessa tecnologia, especialmente em setores onde a demanda por engenharia reversa é alta.

Palavras-chave: scanner; qualidade; dados; digitalização.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os avanços na tecnologia de digitalização 3D têm revolucionado uma variedade de setores, desde a manufatura até a medicina (Lin, Wu & Jiang, 2013). Os scanners 3D estão rapidamente se tornando ferramentas indispensáveis para a captura precisa e eficiente de informações tridimensionais de objetos físicos (Besl & McKay, 1992), impulsionando inovações e aprimorando processos em diversas áreas.

Entretanto, a garantia da precisão e confiabilidade desses dispositivos é essencial para sua adoção generalizada e aplicação em ambientes críticos (Zhang, 2000). Neste contexto, este artigo propõe uma análise detalhada dos testes experimentais aplicados aos scanners 3D, com foco na avaliação de sua precisão, confiabilidade e eficiência.

Durantes os testes foram analisados as principais métricas utilizadas para avaliar o desempenho dos scanners 3D, incluindo precisão dimensional, resolução espacial, repetibilidade e robustez (Rusinkiewicz & Levoy, 2001). Além disso, exploramos as técnicas de calibração e validação, destacando os desafios e melhores práticas associadas a cada etapa do processo experimental (El-Hakim & Beraldin, 2012).

Por meio de uma revisão crítica do estudo de caso realizado, este artigo busca fornecer insights para profissionais interessados no uso e otimização de scanners 3D (Lin, Wu & Jiang, 2013). Entende-se que ao fomentar mais os testes experimentais na validação desses dispositivos é possível contribuir para um uso mais amplo e eficaz da tecnologia de digitalização 3D.

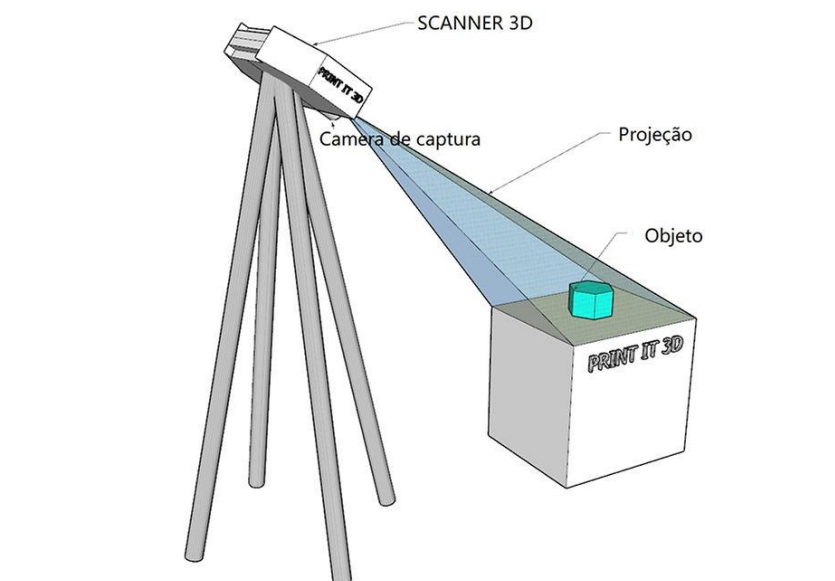
METODOLOGIA

Para aprimorar a precisão e qualidade da digitalização tridimensional, foram realizados uma série de experimentos visando entender as melhores condições para utilizar o scanner 3D. O objetivo desses testes era identificar configurações que proporcionassem resultados favoráveis ao aumento da qualidade e precisão na captura de dados.



O Scanner utilizado nos testes foi da categoria sem contato, ou seja, não precisa estar em contato direto com a peça pois o escaneamento é realizado através da incidência de um laser sobre os corpos de prova, conforme ilustrado na figura abaixo.

Figura 1 – Ilustração de scanner sem contato

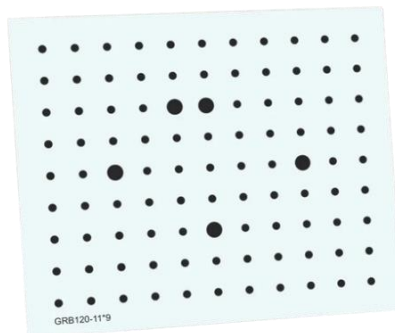


Fonte – PRINT IT 3D, 2020.

Inicialmente o scanner 3D foi calibrado utilizando sua placa específica de calibração. Essa placa possui uma sequência de pontos de referência cuidadosamente posicionados, que servem como guia para o alinhamento e aferição correta do dispositivo. Ao apontar e movimentar o scanner de acordo com as orientações fornecidas pelo software durante o processo de calibração, é possível ajustar os parâmetros internos do scanner, como a precisão da detecção dos pontos bem como as distorções intrínsecas, para que os dados digitalizados sejam representativos e consistentes com a realidade. Dessa forma, a calibração minimiza erros sistemáticos e garante resultados confiáveis em diversas aplicações, desde engenharia reversa até inspeção dimensional.



Figura 2 – Placa de calibração do scanner



Fonte – Autoral, 2024.

Seguindo com os testes, foram explorados diferentes cenários de iluminação durante o processo de digitalização. Testando condições de baixa luminosidade, simulando ambientes com iluminação insuficiente, ou com o ambiente totalmente escuro, onde foi constatado que a falta de luz ambiente comprometia a qualidade dos dados obtidos, tornando o processo mais desafiador.

Em seguida, foi analisado a aplicação de luzes adicionais para aumentar a iluminação ambiente durante a digitalização. No entanto, foi possível perceber que essa abordagem também apresentava seus desafios, pois a luz direta poderia criar reflexos indesejados na superfície da peça, prejudicando a precisão da digitalização.

Além dos testes de iluminação, foram realizados testes em superfícies com cores, e texturas diferentes, sendo uma peça branco fosco e uma peça preto auto brilho. Em uma análise inicial percebe-se que a peça fosca facilita o escaneamento, tal constatação faz total sentido levando em consideração que superfícies foscas tendem a dispersar a luz de forma mais uniforme, reduzindo o brilho e os reflexos que podem interferir na digitalização, bem como exposto por Smith em seu livro *Princípios de Óptica*, superfícies foscas tendem a dispersar a luz incidente de maneira mais difusa devido à textura irregular microscópica de sua superfície, resultando em uma reflexão menos direcional e mais uniformemente distribuída (Smith, 2010).

Com base nisso, entende-se que esse fenômeno resulta em dados mais nítidos e detalhados, e como constatado no experimento áreas com curvaturas suaves e/ou pequenos detalhes são mais propensos a uma boa digitalização.



Figura 3 – Corpos de prova branco fosco



Fonte – Autoral, 2024.

Figura 4 – Resultado da malha formada no software após escanear uma peça fosca.



Fonte – Autoral, 2024.

Por sua vez, superfícies lisas refletem mais luz, o que pode causar reflexos e distorções nos dados capturados, dificultando a digitalização, independente da complexidade da superfície e quantidade de detalhes presentes.

Figura 5 – Corpos de prova preto auto brilho



Fonte – Autoral, 2024.



Seguindo com o experimento, também foi examinado o impacto de uma boa preparação da peça na qualidade da digitalização. Em um teste, as extremidades e detalhes da peça foram revestidos com fita automotiva verde, esperando melhorar a visualização e definição dos contornos durante o escaneamento. No entanto, os resultados não foram consistentes com a expectativa. Dessa forma, percebe-se que a fita automotiva verde não contribuía significativamente para a melhoria da qualidade da digitalização e, em alguns casos, interferia na superfície da peça, introduzindo distorções nos dados capturados.

Figura 6 – fita automotiva verde



Fonte – Autoral, 2024.

Por fim, como último teste realizado, foram utilizados adesivos de ponto de referência (muito similares aos pontos de referência da placa de calibração), dispostos na superfície do corpo de prova, para entender sua funcionalidade durante o escaneamento e poder validar se seus resultados aumentariam a qualidade e precisão do processo.

Inicialmente, ao adicionar alguns adesivos, foi possível constatar uma melhoria imediata e significativa na qualidade dos dados capturados. À medida que eram adicionados mais adesivos no decorrer da superfície, a qualidade do escaneamento acompanhava esse crescimento, proporcionando uma representação mais precisa dos detalhes da peça e com menos falhas. Além disso, a precisão do escaneamento foi aprimorada, garantindo uma correspondência mais precisa entre os dados digitais e a geometria real da peça.

A presença dos adesivos também resultou em um aumento na velocidade do escaneamento, pois permitiu que o software do scanner 3D identificasse e rastreasse automaticamente os pontos de interesse, bem como as superfícies e geometrias ao redor dos pontos. Esse fato



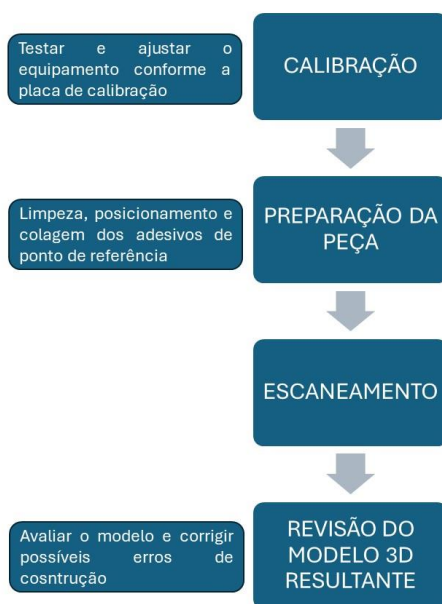
possibilitava retomar o escaneamento através de qualquer região da peça pois sempre garantia um reconhecimento rápido e preciso da peça escaneada.

Outro fato curioso, é que a peça em questão nesse teste era a peça preta com superfície lisa, a qual possui um teor de brilho superior as demais peças analisadas, e mesmo nessa condição o processo de escaneamento se provou rápido e com muita qualidade.

De forma muito positiva, mesmo em superfícies lisas, a utilização dos adesivos tornou o escaneamento extremamente eficiente e confiável.

Dessa forma, pode-se afirmar que seguir um processo básico de boas práticas, pode impactar positivamente na qualidade dos dados coletados no escaneamento. O processo em questão fica representado na figura 7.

Figura 7 – fluxo de boas práticas



Fonte – Autoral, 2024.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base no experimento realizado, foi possível aprofundar o conhecimento no processo de escaneamento 3D, bem como entender algumas de suas vulnerabilidades e propor possíveis soluções para contornar esses pontos que afetam a qualidade e precisão dos dados produzidos pelo scanner.



A primeira constatação realizada foi a leveza do dispositivo, proporcionando conforto durante a operação. No entanto, durante os testes de digitalização, principalmente em peças mal preparadas, com superfícies brilhosas ou sem a utilização dos adesivos de pontos de referência, o operador cansava facilmente, especialmente na região do pulso. Tal fato era resultado da necessidade de realizar movimentos precisos e em três eixos, exigindo certo esforço que pode ser agravado em peças maiores e mais complexas.

Por outro lado, quando adicionados os pontos de referência ao corpo de prova e conforme sua quantidade é aumentada, percebe-se uma mudança significativa na dinâmica do escaneamento. A necessidade de posicionar e movimentar o scanner manualmente diminui consideravelmente à medida que os pontos beneficiam e aceleram o processo. Com os pontos de referência fornecendo guias visuais, o operador pode concentrar-se mais na qualidade dos dados capturados, reduzindo assim o movimento do pulso e o desgaste proveniente.

Com base no estudo realizado, fica evidente a necessidade da utilização dos pontos de referência para otimizar o processo de escaneamento, porém, esses adesivos utilizados são descartáveis e demandam certo investimento para aquisição, bem como disponibilidade em estoques de revendedores para sua aquisição. Visto isso, entende-se que essa necessidade pode prejudicar, ou até mesmo inviabilizar determinados projetos, tanto por conta do tamanho do corpo de prova, demandando uma quantidade exacerbada de referências tanto por conta da necessidade de movimentos repetitivos por parte do operador, transferindo toda a carga de desgaste para o pulso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no estudo, entende-se que o processo de digitalização 3D possui muitos pontos que podem ser otimizados, desde captação de dados até mesmo operação.

Os experimentos realizados ressaltam a importância de conduzir testes sistemáticos para entender melhor as condições ideais de uso do scanner 3D. Os resultados obtidos destacam a necessidade de explorar abordagens alternativas e inovadoras para otimizar o processo de digitalização tridimensional, visando alcançar resultados mais consistentes e precisos em diferentes contextos de aplicação, sem que haja danos ao operador.



SIMPEX

Simpósio Internacional de
Ensino Pesquisa e Extensão

2024

21 a 23 de maio
Joinville - SC

Transformação
Sustentável na
Indústria 4.0

Inovação,
Educação e
Impacto Social

Gratuito
e Híbrido

Por ser um processo relativamente novo a digitalização 3D, carrega consigo ainda um alto custo de aplicação seja por investimento em equipamento, capacitação de mão de obra qualificada e como fica evidente no estudo, nos insumos periféricos consumidos durante a operação para chegar em um bom resultado. Entende-se que como toda a nova tecnologia inserida no mercado a digitalização 3D demanda de mais incentivo à sua utilização, visto a gama de aplicações para esse processo, como é o exemplo dos setores de P&D e ferramentarias que possuem uma grande demanda por engenharia reversa, e com o aumento gradual da demanda o acesso a informação aumenta e os investimentos em sua aplicação se tornam mais acessíveis.



REFERÊNCIAS

Besl, P.J.; McKay, N.D. A Method for Registration of 3-D Shapes. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, v. 14, n. 2, p. 239-256, 1992.

El-Hakim, S.; Beraldin, J.A. Terrestrial Laser Scanning. In: SOARES, P.P.S. (Ed.). Encyclopedia of Agriculture and Food Systems. Academic Press, p. 543-560, 2012.

Lin, H.; Wu, C.; Jiang, H. Recent Development in Optical 3D Scanning Techniques. Advances in Optomechatronics, v. 3, p. 83-112, 2013.

Rusinkiewicz, S.; Levoy, M. Efficient Variants of the ICP Algorithm. In: Proceedings of the Third International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling, p. 145-152, 2001.

Smith, W. Princípios de Óptica. Editora XYZ, 2010.

Zhang, Z. A Flexible New Technique for Camera Calibration. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, v. 22, n. 11, p. 1330-1334, 2000.