

## **PLANEJAMENTO DE UMA PROPOSTA METODOLOGICA DE ANÁLISE DE QUALIDADE DOS PRODUTOS PRODUZIDOS EM IMPRESSORAS 3D**

A Methodological Proposal of Quality Analysis of the Produced Products in 3D Printers

**RIBEIROS, Adriel**

Faculdade de Jaguariúna

**MANOEL, Carlos Eduardo**

Faculdade de Jaguariúna

**SILVA, Marcio Gomes da**

Faculdade de Jaguariúna

**DELGADO NETO, Geraldo Gonçalves**

Faculdade de Jaguariúna

**Resumo:** Este trabalho contribui com as metodologias de avaliação de qualidade existentes para aplicação em alta tecnologia, principalmente voltada para área de impressoras 3D também conhecida como manufatura aditiva. O trabalho não tem a pretensão de ser um método único como ferramenta de avaliação da qualidade para a tecnologia de manufatura aditiva, que desponta em muitos países como inovação e vem mudando os paradigmas do ensino e meios de produção consagrados para os engenheiros de produção, mas busca despertar para as novas possibilidade de estudos científicos que possam se somar as técnicas já conhecidas e implantadas na manufatura. Também almeja-se alcançar através desse trabalho, dados que salientem como são avaliadas a qualidade dos produtos produzidos em impressora 3D através da manufatura aditiva.

**Palavras-Chaves:** manufatura aditiva; metodologia de projeto; qualidade.

**Abstract:** This work contributes to the quality evaluation methodologies exist for application in high technology, mainly focused on the area of 3D printers also known as additive manufacturing. The work does not claim to be a unique method as a tool for assessing the quality of additive manufacturing technology that is emerging in many countries as innovation is changing the paradigms of education and means of production devoted to manufacturing engineers, but search awakening to the possibility of new scientific studies that can be added techniques already known and implemented in manufacturing. It also aims to achieve through this work, highlighting how data are evaluated the quality of the products produced in 3D printer by additive manufacturing.

**Key-Words:** additive manufacturing, design methodology, quality.

## Introdução

Volpato 2007 afirma que a prototipagem rápida como tecnologia 3D, não é algo novo, ela começou a ser desenvolvida a partir da topografia e a fotoescultura. São existentes hoje três tipos principais de tecnologias de impressoras 3D, baseadas em líquido, sólido e em pó, e sua principal característica é a construção de objetos por adição de material e não por remoção do mesmo como a grande parte dos processos atuais. Uma de suas vantagens é a independência de complexidade, uma vez que o objeto à ser fabricado é feito camada por camadas, logo ela pode reproduzir um objeto que descreva uma complexidade geométrica que para processos de usinagem seriam impossíveis.

Segundo Ulbrich (2013) “Ela consiste na construção de um objeto tridimensional, formado por camadas sucessivas de material”, ainda afirma Ulbrich (2013) essa tecnologia tem amplo campo de utilização inclusiva nas indústrias.

Segundo Volpato (2007) a prototipagem rápida é uma tecnologia em ascensão, tanto nas indústrias, como também no ambiente comercial e acredita-se que deve se tornar uma forma bastante rápida e de baixo custo para se produzir produtos.

Segundo Wohlers (2008) citado por Souza e Ulbrich (2009) a distribuição da utilização de prototipagem rápida pela indústria é a de eletrônicos de consumo (20,8%) seguida pela automobilística (16,8%) e que com a evolução da tecnologia esse processo já é utilizado para produzir a peça final.

Volpato (2007) presume então que essa tecnologia poderá tornar-se mais comum no cotidiano das pessoas, e devido a sua facilidade e rapidez de produção acredita se tornar uma ferramenta de manufatura sendo denominada então de manufatura ou produção rápida.

Os processos de produção e sua padronização permitem uma avaliação de qualidade mais rápida e prática durante todo o processo de fabricação, em um ambiente de produção por prototipagem rápida ou manufatura aditiva, a avaliação da qualidade também necessita de uma padronização de métodos e ferramentas, assim segundo Volpato (2007) ainda pode ser dito que ainda não exista uma boa qualidade dessa tecnologia, mas existe um crescente avanço principalmente na área de

qualidade do processo que procura aperfeiçoar os resultados de peças obtidas por tal processo.

Veras (2009) “São recursos que identificam e melhoram a qualidade dos produtos, serviços e processos. As ferramentas não são unicamente para solucionar problemas, elas devem também fazer parte de um processo de planejamento para alcançar objetivos.”

Segundo Williams (1995) citado por Veras (2009) “As ferramentas devem ser usadas para controlar a variabilidade, que é a quantidade de diferença em relação a um padrão, sendo que a finalidade das ferramentas é eliminar ou reduzir a variação em produto e serviço.”

A ferramenta 5W1H segundo Veras (2009) “É um documento de forma organizada que identifica as ações e as responsabilidades de quem era executar, através de um questionamento, capaz de orientar as diversas ações que deverão ser implementadas.”

O diagrama de causa e efeito (diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe) é definido da seguinte forma:

*Consiste em uma forma gráfica usada como metodologia de análise para representar fatores de influência (causa) sobre um determinado problema (efeito). Também é denominado Diagrama de Ishikawa, graças ao seu criador, ou Diagrama Espinha de Peixe, pela sua forma. Basicamente o resultado é fruto de um brainstorming sendo o diagrama o elemento de registro e representação de dados e informações. (MIGUEL, 2006).*

Assim Miguel (2006), também nos mostra que “Dentro as normas de certificação, a ISO 9001, conforme descrito anteriormente, é a mais completa.” Assim sendo a ISO 9001 uma norma de certificação de qualidade.

Conforme Volpato (2007) , grande parte dessa tecnologia 3D, esta em posse das grandes e médias indústrias, e nas pequenas e micro empresas há, muitas disseminação da tecnologia, redução de custos e a presença cada vez mais comum dessa tecnologia no mercado, ela se tornará presente até mesmo em pequenas, micro empresas e escritórios comerciais.

## Metodologia

Definir qualidade é algo difícil, suas definições são das mais variadas, podendo ir de encontro com especificações das peças, até a satisfação dos clientes, dentro dessa grande gama de definições a qualidade pode tomar aspectos diferentes, assim tenta-se objetivar esse trabalho para uma avaliação da qualidade em um desses aspectos.

Para Garvin (1998) citado por Miguel (2006) , qualidade está dividida em sete dimensões, podendo ser representadas assim segundo a tabela 1:

**Tabela 1 – 7 dimensões da qualidade**

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Características / Especificações | Refere-se às características ou especificações que diferenciam um produto em relação aos seus concorrentes. Podem ser especificações de engenharia que envolvem, por exemplo, o uso da tecnologia, ou características complementares que superam as funções básicas ( características básicas) do produto. |
| Desempenho                       | É o aspecto operacional básico de qualquer produto. No caso de um automóvel, por exemplo, são características de aceleração, retomada, estilo, acabamento, conforto, etc.  |
| Conformidade                     | Reflete a visão mais tradicional da qualidade, isto é, o grau em que um produto está de acordo com as especificações (padrões) incluindo características operacionais.   |
| Confiabilidade                   | Está associada ao grau de isenção de falhas de um produto. Ou seja, a confiabilidade é a probabilidade de que um item ( componente, equipamento ou sistema) possa desempenhar sem falhas sua função requerida por um intervalo de tempo estabelecido, sob condições de uso (Pinto e Xavier, 1998).         |
| Durabilidade                     | Consiste numa medida da vida útil de um produto, analisada tanto por aspectos técnicos quanto econômicos. Tecnicamente, a durabilidade está relacionada com quantidade de tempo de uso que pode ser obtida de um produto, antes deste deteriorar-se fisicamente.   |
| Imagem                           | Partiu-se da junção de duas outras: Estéticas e Qualidade Observada. Entende-se que essas duas dimensões , refletem uma imagem imediata e outra ao longo do tempo , respectivamente.   |
| Atendimento ao Cliente           | Objetiva assegurar a continuidade dos serviços ( além das funções) oferecidos pelo produto após sua venda, podendo ser, em certos casos, considerado como sinônimo de Assistência Técnica.   |

Para Juran citado por Miguel (2006) “a qualidade consiste nas características do produto que vão ao encontro das necessidades dos clientes e, dessa forma, proporcionam a satisfação em relação ao produto”, sendo assim a qualidade do

produto seria mais funcional do que dimensional e uma vez que o produto atenda as necessidades e a satisfação do cliente ela seria alcançada.

Segundo Miguel (2006), “O conceito de qualidade parece ser de fácil entendimento mas, na realidade, é difícil defini-la. Não parte de uma ideia o conceito absoluto mas sim relativo a alguma coisa e, frequentemente, técnicas e metodologias se misturam a sua definição”, então analisando por Miguel a qualidade tem pontos técnicos e metodológicos, e assim a qualidade estaria ligada a algum ponto específico onde técnicas e metodologias seriam essenciais para sua obtenção.

Mas como avaliar a qualidade de um produto que pode ser único no mundo? Será que essa qualidade está mais relacionada à satisfação do cliente que à qualidade intrínseca real do produto?

É difícil afirmar que a qualidade do produto independa de sua perfeição, estando mais relacionada à satisfação do cliente. A qualidade do produto seria então mais funcional do que dimensional.

Um estudo aprofundado em tal campo como uma proposta de discussão, ainda que prematuro, pode começar a definir padrões a serem seguidos por um comportamento comercial que tende a crescer nos próximos anos: o da produção por manufatura rápida, podendo também incluir produtos que muitas vezes podem ser produzidos apenas uma vez. Imprimir objetos pode parecer simples, mas como qualquer produto, necessita da avaliação da qualidade, e socialmente falando como também olhando pelo aspecto da qualidade dimensional dos produtos, uma metodologia para essa avaliação torna-se importante.

O trabalho, tendo por base um estudo bibliográfico para coletar informações, e entender o processo de prototipagem rápida. Pretende descobrir se atualmente é feita e como é feita a inspeção da qualidade em objetos produzidos por prototipagem rápida, se alguma metodologia é usada, ou se mesmo ferramentas de uso comum em indústrias, para avaliação de qualidade se encaixam na proposta da metodologia.

Segundo Gil (1999), uma pesquisa bibliográfica tem por base partir de materiais já existentes em sua grande maioria de artigos científicos e livros. É claro que em quase todos os estudos necessita-se desse tipo de pesquisa, há pesquisa

estritamente elaboradas a partir de fontes bibliográficas.

Ainda conforme Gil (1999) pesquisas exploratórias procuram o desenvolvimento, esclarecimento e a modificação de conceitos e idéias, assim formulando problemas ou hipóteses para um futuro estudo, podendo envolver levantamento de bibliografia e documental, entrevista sem padrão e estudos de casos, geralmente quando o assunto é pouco explorado e dificulta a formulação de hipóteses precisas e funcionais.

Uma vez que o trabalho tem a proposta de uma metodologia como uma hipótese e baseada em um estudo teórico-conceitual, buscando através de bibliografia a relação causa e efeito dos defeitos dos produtos produzidos a partir de impressoras 3D, para que de modo metodológico essa proposta possa viabilizar uma forma de contribuir para reduzir esses defeitos temos que:

*As abordagens de pesquisa tradicionais são as chamadas quantitativas, com natureza empírica e hipóteses "fortes" e bem formuladas. Baseiam-se em métodos lógico-dedutivos, buscam explicar relações de causa/efeito e, através da generalização de resultados, possibilitar replicações.(BERTO e NAKANO, 2000).*

Assim, a proposta metodológica busca uma nova forma de avaliar o produto não repetindo algo já proposto, mas sim dando uma nova finalidade a ferramentas e metodologias já existentes ou adequando ferramentas não frequentemente utilizadas pela indústria de forma a encaixá-las no contexto do presente estudo.

“Dessa forma, a pesquisa bibliográfica não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras.” (LAKATOS e MARCONI, 2003).

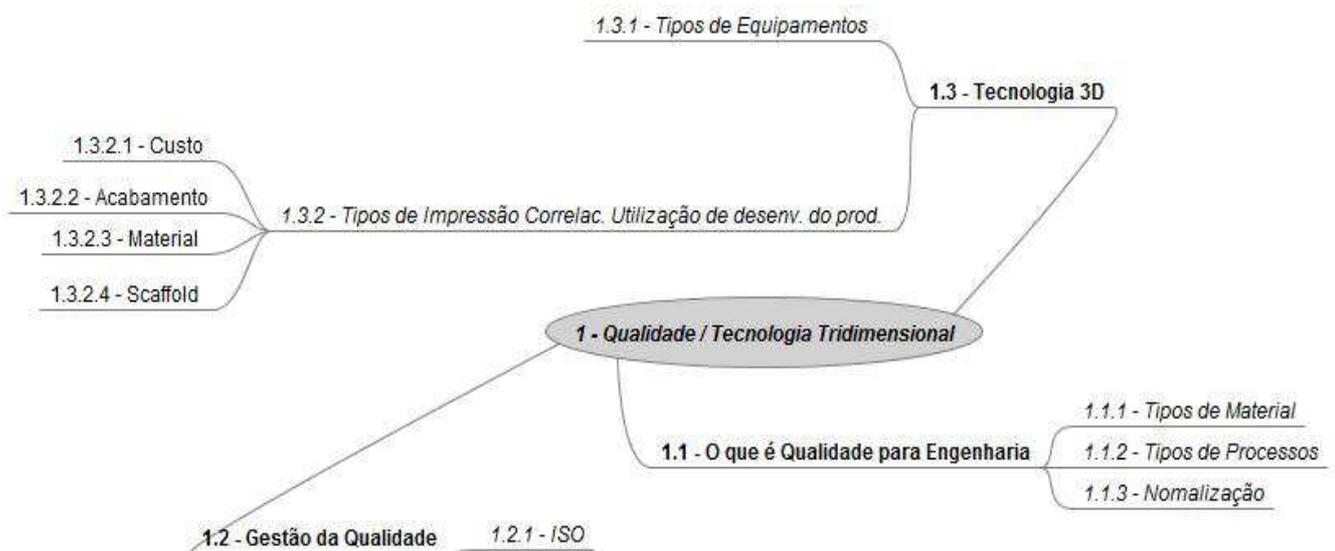
Conta-se com a ajuda de um check list fornecido pelo CTI (Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer), cuja a qual, forneceu a informação para o melhor entendimento e desenvolvimento do presente trabalho, e que é atualmente utilizado para produzir produtos em impressoras 3D de modo a evitar que as peças saiam com alguma não conformidade. O documento foi expresso da seguinte maneira:

- Obtenção dos arquivos CAD das peças em formato .stl;
- Análise e verificação da qualidade dos arquivos STL;
- Montagem do build com todas as peças levando em consideração seu posicionamento com o que se deseja priorizar na peça (necessidade do cliente);

- Aplicação de escala e offset no arquivo da peça (se necessário);
- Configuração dos parâmetros do build no equipamento;
- Abastecimento da matéria prima no equipamento;
- Início e verificação visual do processo;
- Monitoramento e registro de informações durante processo;
- Remoção do build do equipamento;
- Limpeza e pós processamento das peças;
- Análise qualitativa das peças (resistência mecânica e acabamento);
- Análise dimensional da peça;
- Fotos das peças para documentação e rastreabilidade do build;
- Embalagem, identificação e expedição das peças;
- Limpeza do equipamento de PR;
- Registro de todas informações do processo.

A partir dessas informações será proposta uma metodologia de análise da qualidade baseada em uma metodologia ou em ferramentas da engenharia, que possa ser aplicada por uma indústria para objetos produzidos por impressoras 3D.

Na figura 1 são apresentados os principais pontos relevantes para análise e avaliação da qualidade de impressão 3D. Através de um Mapa Mental os pontos a serem estudados ficam mais claros e melhor organizados:



**Figura 1: Mapa Mental dos assuntos que serão explorados**

A proposta do Mapa Mental é apontar os pontos mais relevantes para o início da implementação da qualidade na manufatura aditiva, dentre os pontos se destacaram os itens a partir do item central; Qualidade/ Tecnologia Tridimensional e ramificando para os itens: 1.1-Qualidade para engenharia, 1.2-Gestão da Qualidade e 1.3-Tecnologia 3D de impressão.

Em muitos casos o Mapa Mental é utilizado como uma forma de acessibilidade para que todos que participem do ato de projetar e desenvolver produto em equipes multidisciplinares possam entender todas etapas importantes de um projeto, de baixa complexidade ou mesmo com alta complexidade. E assim apresentar suas ideias e contribuições de forma clara e almejando uma melhor qualidade do produto final.

Este trabalho é o início de uma proposta de consolidação do conhecimento e aplicação de ferramentas de projeto e manufatura perante as novas tecnologias que despontam em um mercado cada vez mais dinâmico.

### **Considerações finais**

Os meios de produção na manufatura vem sofrendo mudanças constantes, sempre a associadas a cultura, tecnologia e necessidades do consumidor. É perceptível que se torna mais rápida estas mudanças embarcadas nos novos avanços tecnológicos, muitos conceitos ensinados e aplicados durante muito tempo na manufatura devem ser revistos e reavaliados perante este novo cenário que vislumbra para o setor. Neste contexto apresentou-se uma forma de começar a planejar como atuar e identificar os itens mais relevantes para a avaliação da qualidade de produtos dentro da plataforma de manufatura aditiva e impressão 3D utilizando o Mapa Mental que é uma ferramenta de projeto que torna o ato de planejar e projetar acessível visualmente para as novas equipes multidisciplinares que participam de projeto de desenvolvimento de produto e sua implementação na manufatura.

Através do planejamento da proposta dos principais itens relevantes que devem ser levantados para o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação da qualidade de produtos produzidos com a tecnologia de impressão 3D também conhecida como manufatura aditiva, vislumbrar-se uma nova forma de pensar e

realizar atividade de projeto e planejamento da manufatura pelo engenheiro de produção.

A proposta desse trabalho e despertar o engenheiro de produção para as novas formas e ferramentas de projeto aplicadas na manufatura e o novo perfil da tecnologia e mesmo dos grupos de trabalho, logicamente sem ter a pretensão de ser um caminho único para o início do planejamento do desenvolvimento de projeto do produto, mas apontar um caminho mais seguro e com maior qualidade.

### Referências bibliográficas

BERTO, R.M.V.S., NAKANO, D. N. **A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa.** *Produção*, v. 9, n. 2, 2000. CTI, (Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer).

GARVIN, D. **Managing Quality: The Strategic and Competitive Edge.** Free Pass, 1998.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

JURAN, J. M. **Quality Control Handbook.** Mcgraw-Hill Book Company, New York, 1962.

LAKATOS, Eva M., MARCONI, Marina A. **Fundamentos de metodologia científica.** 5. ed.. São Paulo : Atlas, 2003.

MIGUEL, P. A. C. **Qualidade: Enfoques e Ferramentas.** São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2006.

NBR ISO 9001. **Sistemas da Qualidade – Modelo para Garantia da Qualidade em projeto, desenvolvimento, produção, instalação e serviços associados.** Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, dezembro de 1994.

OLIVEIRA, M. F. **Aplicações da Prototipagem Rápida em Projetos de Pesquisa.** 2008. 128f. Trabalho Final de mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica)- Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SOUZA, A. F. e ULBRICH, C. B. L. **Engenharia Integrada por Computador e Sistemas CAD/CAM/CNC - Princípios e Aplicações.** São Paulo: Artliber Editota, 2009.

VOLPATO, N. **Prototipagem Rápida: Técnicas e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

ULBRICH, C. B. L. **Inspeção por Digitalização em Aplicações de Prototipagem Rápida na Medicina**. 2007. 283f. Tese de Doutorado (Doutora em Engenharia Mecânica)-Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

ULBRICH, C. B. L. **Tecnologia também é cultura**. Máquina e Metais, Aranda Editora, ano 49, nº567, abril, 2013.

WOHLERS, T. T. **Wohlers Report**. 2008.