

IMPLANTAÇÃO DE IMPRESSÃO 3D: MELHORIA NO PROCESSO DE PROJETOS NO GRUPO AÇOTUBO

Izabel de Melo Dantas¹

Lílian Nogueira Pacheco²

Rosival Ferreira da Silva³

Samanta Lujan dos Santos⁴

Wagner Costa Botelho⁵

RESUMO: Este artigo aborda como tema a impressão 3D também conhecida por prototipagem rápida, realizada através de qualquer modelo de impressora com essa função, ressalta-se a redução do lead time e custo no processo de fabricação de moldes, proporcionado por esta tecnologia inovadora. Nos últimos tempos notícias da impressora tem causado curiosidades, questionamentos e a satisfação no mercado devido à sua eficiência que permite imitar com precisão quase exata a moldagem de protótipos com suas propriedades físicas e mecânicas. A economia de modo geral visa sempre maximizar os lucros, minimizar os custos e otimizar processos em empresas, independentes de seu ramo ou porte. Neste presente artigo será demonstrado através de dados e pesquisas um estudo de caso da importância da impressora como ferramenta de suporte e melhoria numa empresa do ramo da construção civil.

Palavras Chave: Impressora 3D, Inovação Tecnológica, Melhoria em processos.

1. INTRODUÇÃO

Em tempos atuais as empresas buscam investir na inovação de novos mecanismos que visam destaque no mercado competitivo com processos de produção cada vez mais favorecidos pela era tecnológica, neste cenário de constante avanço surge a impressora 3D, ferramenta que permite manufaturar em camadas aditivas moldes de peças sólidos a partir de desenho digital elaborado em CAD. Chuck Hull criou a primeira impressora 3D no estado da Califórnia no ano de 1984, iniciando com funcionamento a vapor e tecnologia estereolitografia que deu origem à impressão 3D.

¹Graduanda do curso de Engenharia de Produção (Faculdade Carlos Drummond de Andrade) dantas.izabel@hotmail.com

²Graduanda do curso de Engenharia de Produção (Faculdade Carlos Drummond de Andrade) lilica120507@gmail.com

³Graduando do curso de Engenharia de Produção (Faculdade Carlos Drummond de Andrade) rosival@acotubo.com.br

⁴Graduanda do curso de Engenharia de Produção (Faculdade Carlos Drummond de Andrade) samantalujan.santos@gmail.com

⁵Professor do curso de Engenharia de Produção (Faculdade Carlos Drummond de Andrade) wagner_botelho@terra.com.br

Com o passar dos anos, a evolução da impressora ganhou destaque no mercado pela vasta aplicabilidade em imprimir vários objetos em diversos segmentos desde ferramentas industriais até mesmo em próteses na área da medicina, suprimindo com grande potencial a cadeia de abastecimento global.

As implicações da impressão tridimensional são bem significativas, de acordo com pesquisa do Instituto Global McKinsey (2014), sugere previsão em torno de giro de US\$ 550 bilhões por ano em 2025.

Segundo Intrieri (2014), essa nova tecnologia causa impacto na cadeia de abastecimento, já que é possível imprimir sob demanda, sendo desnecessárias pilhas de estoques de produtos acabados como rege a tradição de produção em massa. Com isso, as empresas serão cada vez mais induzidas na adaptação de sistemas Just in time e técnicas de manufatura enxuta.

Mediante esta transformação de sistemas produção se justifica o tema abordado com o estudo de caso na empresa INCOTEP do grupo Açotubo, empresa do ramo civil que inovou seu processo de produção de peças com investimento na impressora 3D.

2. ESTUDO DE CASO

Esse trabalho tem como base o estudo de caso, que conforme Romano (2017), método relata o fato de um processo produtivo em avaliação.

A empresa INCOTEP, que faz parte do Grupo Açotubo, atuante no desenvolvimento de sistemas de protensão de ancoragem, realiza aplicações geotécnicas e estruturais e através do setor de melhoria contínua percebeu uma oportunidade de otimizar o *lead time* no processo de elaboração dos seus projetos, resultando em satisfação do cliente no quesito tempo e qualidade.

Anteriormente iniciava-se o projeto da peça em desenho CAD, sendo direcionado a uma prévia de molde em madeira ou alumínio, este procedimento era arcaico e impreciso, ocasionando constantes retornos para aperfeiçoamento devido a falhas do molde, a probabilidade de erro girava em torno de 40%, aumentando custo de projetos que custavam em média de R\$ 13.000,00 a R\$ 30.000,00, dependendo da complexidade de cada projeto, e no tempo prolongado de até 60 dias para finalização do projeto e confecção da peça.

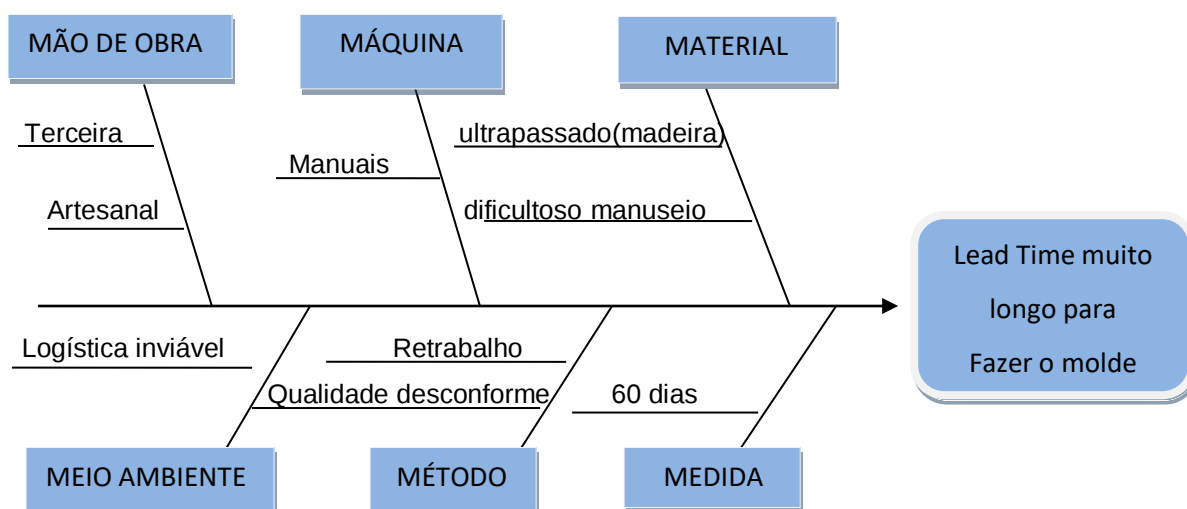
No ano de 2013 à busca de uma solução para melhoria do processo produtivo, o engenheiro Francis Jones Leme, funcionário da empresa sugeriu investimento de R\$ 10.300,00 na impressora 3D modelo Cubex que agilizou o processo e a melhorou a relação empresa/cliente.

Com o problema identificado a decisão de comprar a impressora foi tomada, já que com sua eficiência é possível economizar tempo, mão de obra, e ainda maximizar os lucros com o aumento de novos projetos e melhorar a satisfação dos clientes permitindo assim a fidelização dos mesmos e a ampliação de novas parcerias.

2.1 Ferramentas de Qualidade

Adepta de utilização das ferramentas de qualidade, no setor de melhoria contínua a princípio de um brainstorming a equipe identificou possíveis causas e considerou o Diagrama de Causa e efeito para analisar solução para a raiz do problema. Kaoru Ishikawa desenvolveu este diagrama, que representa graficamente o relacionamento entre um “efeito” e todas as possíveis “causas” que o geram (POSSARLE, 2014, p.144).

Gráfico 1: Diagrama espinha de peixe (Ishikawa) entre efeito e causa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Com abordagem das causas foi investigado em discussão os porquês de utilização terceirizada deste processo, sendo constatado inviável. Com a tecnologia ofertada no mercado observada pelo engenheiro Jones, foi sugerido e aprovado o

investimento da impressora, já que analisado pós e contras se mostrou uma necessidade de otimizar o processo.

2.2 Impressão 3D

Um dos produtos da empresa em estudo, são brocas (figuras 1) para perfuração de rochas e túneis (figura 2). Com a impressora 3D, hoje os modelos são confeccionados.

Figura 1: Brocas finalizadas.



Fonte: INCOTEP (<http://www.incotep.com.br/produtos/>)

Figura 2: Rochas / Túneis.



Fonte: INCOTEP (<http://www.incotep.com.br/produtos/>)

Figura 3: Moldes impressos em impressora 3D em ABS.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A impressora 3D entra como uma ferramenta de suporte que elimina os gastos com retrabalhos dos moldes de madeira ou alumínio através da impressão com o material ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), método que possibilita uma prévia do projeto final sem que haja o investimento do molde por terceiros.

Segundo Takagaki (2012) a impressão 3D é realizada em cinco passos, seguindo a ordem da figura 4.

Figura 4: Cinco passos da impressão 3 D.



Fonte: Adaptado Takagaki (2012).

- 1) Projeção do Desenho em software CAD
- 2) Conversão do arquivo em Cad para formato STL, compatível à impressora 3D
- 3) Para impressão, um plano deve ser escolhido (STL) e a figura deve ser fatiada em várias superfícies, sempre paralela a um plano de referência. Esta figura é geralmente descrita em arquivo do formato SGM.
- 4) Com obtenção da superfície, definida no fatiamento da figura original, é descrita em linguagem de tecnologia CNC (controle numérico), chamada gcode. O gcode descreve cada superfície horizontal através de comandos utilizados em máquinas de controle numérico, tais como: caminhe a uma velocidade de X m/s das coordenadas A até B com o laser cabeça de impressão ligada. Isso fará com que a impressora 3D, imprima uma linha sólida de

espessura definida pela tecnologia, no plano definido pelas coordenadas A e B. A impressão de diversas linhas sólidas num determinado plano, definirá a impressão da superfície desejada. O arquivo gcode descreve todas as superfícies fatiadas em um único arquivo que é interpretado pela maioria das impressoras 3D.

- 5) Fase finalização onde a impressora interpreta o gcode, que sequência linha a linha, superfície a superfície até obter o objeto finalizado (TAKAGAKI, 2012, p.31).

2.2.1 Vantagens da impressora 3D

A impressora 3D, segundo SCRIPTBRASIL (2017) contribui muito para a melhoria do processo de produção em empresas, bem como em diversas áreas que contam com as vantagens dessa tecnologia, como as citadas abaixo:

- **Sem desperdício:** os protótipos são criados utilizando somente a quantidade necessária de material;
- **Engajamento comunitário:** conforme as pessoas vão utilizando a impressora, vão incentivando outras a fazer o mesmo e melhorar seus processos e desempenho das máquinas;
- **Customização:** é possível que haja a personalização conforme a necessidade e escolha de cada cliente ou projeto;
- **Inovação:** Os novos negócios ganham impulso e deixam as barreiras para trás;
- **Prototipagem com alto nível de detalhamento:** A prototipagem em 3D permite às indústrias a fabricação de peças muito mais voltadas à realidade, fazendo com que possíveis erros sejam previstos, permitindo que o produto chegue ao cliente mais rápido;
- **Redução de Custo, Tempo e Materiais:** Impressão de peças detalhadas e difíceis de uma só vez, sem desperdício de matéria-prima, precisão do design ajusta que permite encaixe perfeito de peças;
- **Agilidade no armazenamento e auxílio na produção:** Para a impressão 3D, em geral se utiliza os materiais pós ou filamentos e comparados às peças inteiras tem muito mais facilidade em relação a transporte e armazenamento. Outro ponto que vale ser ressaltado é que mesmo sendo um equipamento que permite grande variedade em materiais que podem imprimir as impressoras 3D geralmente são instaladas em lugares que não exigem muito espaço.

A impressão é realizada em diversos setores, na arte para joias e esculturas, construção e arquitetura que promete custos e tempo menores, na saúde com desenvolvimento de réplicas de próteses, na cozinha para massas, chocolates etc e na indústria para peças no geral.

Segundo blog LWT Sistemas (2016), em breve essa tecnologia irá revolucionar a logística industrial e sua cadeia produtiva impactando processos cada vez mais práticos e inteligentes.

2.3 Evolução da Impressora 3D

Em meados da década de 80, a primeira impressora 3D foi criada e tinha como principal objetivo contribuir por meio da tecnologia de prototipagem rápida a criação e impressão de protótipos concretos a partir de seus projetos, ao invés de figuras bidimensionais, ou figuras tridimensionais, que podem ser falhas na representação de algum encaixe, ou ainda em protótipos convencionais que levam muito tempo para execução (GORNÍ, 2007).

A impressora chegou ao mercado custando em torno de 100.000 dólares, restringindo assim, seu uso a empresas de grande porte e a grandes centros.

A técnica utilizada era a estereolitografia que imprimia objetos através de dados digitais.

Com o passar do tempo, as impressoras 3D foram sendo aprimoradas e tornaram-se mais modernas e menores, podendo ser conectadas ao Desktop, permitindo a impressão de objetos coloridos e com maior resolução. Embora suas qualidades tenham sido melhoradas, a impressora teve uma redução em seu valor e foi popularizada, permitindo que mais empresas usufruam de seus benefícios.

A seguir é possível acompanhar através de datas, a evolução da impressora (WISHBOX, 2018):

- **1984:** Criado por Chuck Hull o primeiro método de impressão por prototipagem rápida, (estereolitografia), ou seja, uma fabricação aditiva que utiliza recipiente de fotopolímeros líquidos de resina que é solidificada através da exposição de raios ultravioleta.
- **1988:** Após quatro anos da criação é feita a comercialização da impressora SLA – 250, com método FDM (Fused Deposition Modeling) modelagem por fusão e deposição, este é o método mais

utilizado de fabricação aditiva por sobreposição apesar de ser mais lento que a esterolitografia, a empresa Scott Scrump foi a desenvolvedora.

- **2005:** Lançamento de impressoras mais compactas como a Spectrum Z510, da corporação Z, que evoluiu também a resolução e melhor qualidade em cores.
- **2014:** A iBox Nano inova na produção de objetos pequenos gerando custo benefício para projetos de produtos menores, até hoje é a menor impressora e mais leve no mercado.
- **2016:** A HP lançou a 3D Multi Jet Fusion, não utiliza laser, funciona com uma técnica em aplicar camada de pó seguido por uma matriz térmica de tinta que introduz um agente químico e funde o material, com este equipamento é possível utilizar até três materiais diferentes simultaneamente.
- **2018:** O mercado pode considerar a “inovação da inovação”, uma impressora dez vezes mais rápida foi desenvolvida por engenheiros do instituto de tecnologia de Massachusetts – MIT. Enquanto as impressões tradicionais levam uma hora para imprimir uma peça Lego, a inovadora faz em questão de minutos, fato que ocorre devido o cabeçote compacto e duas ferramentas que aceleram o processo de “derreter” o material através de laser proporcionando maior rapidez.

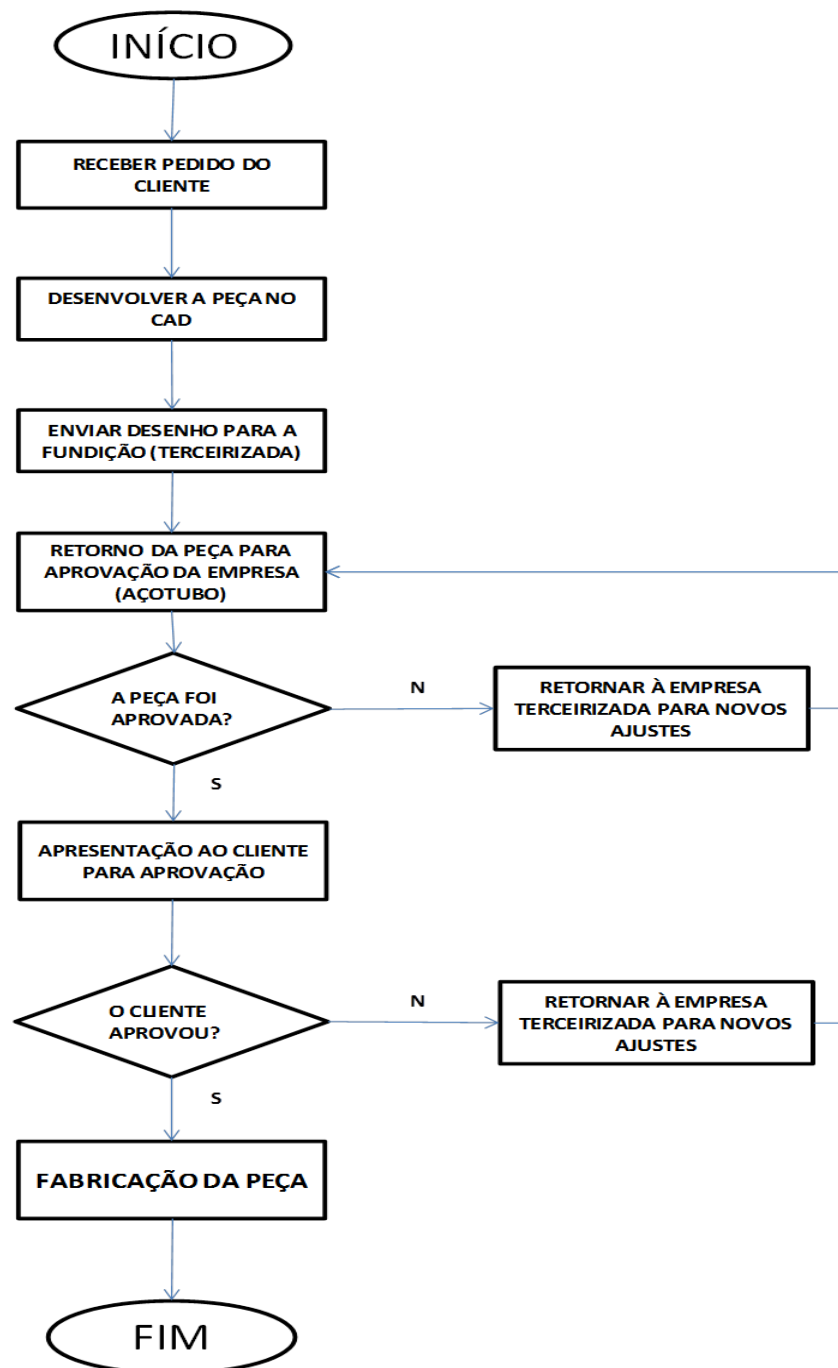
A impressão abrangerá desde armas de fogo até mesmo impressão de casas e órgãos humanos demonstrando não existir limites para complexidade de objetos a serem impressos.

2.4 Fluxogramas do Processo de Produção da empresa INCOTEP

O processo de produtivo passou por melhoria significativa. A seguir serão apresentados o antes e o depois desse processo.

Antes: O desenho impactava diretamente na finalização do molde, ocasionando grande atraso ao cliente quanto ao produto finalizado, fato alta porcentagem de erro do molde confeccionado em madeira ou alumínio.

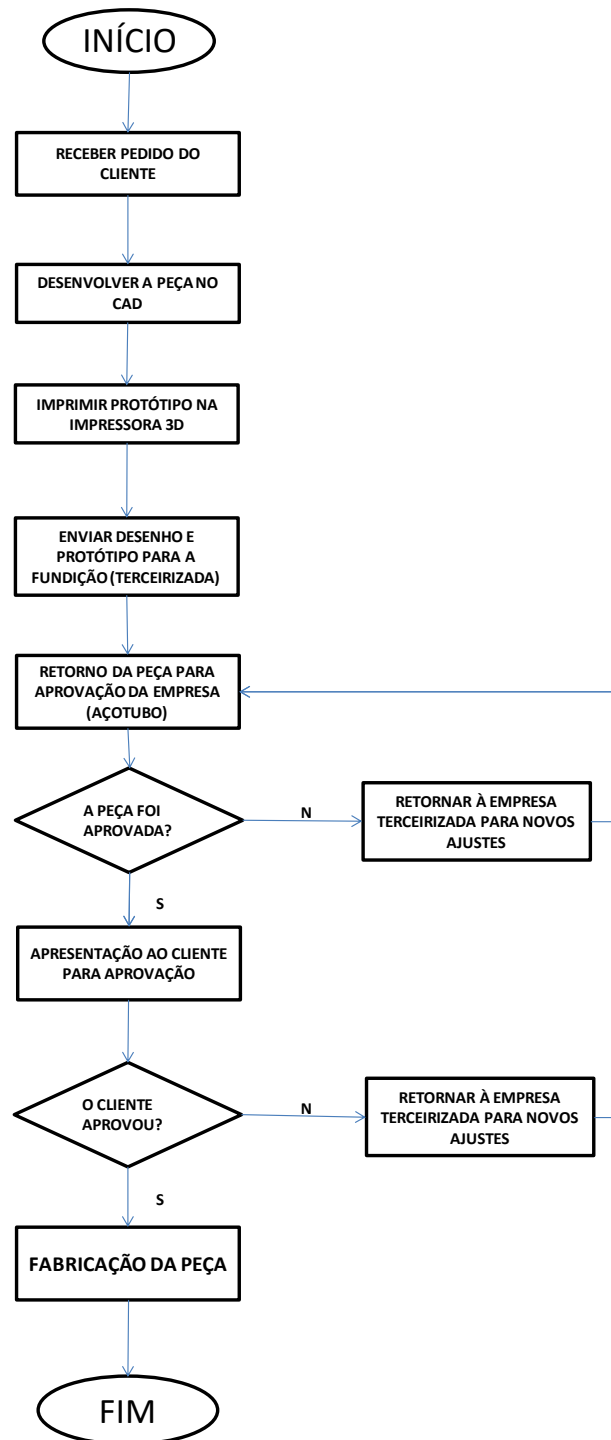
Fluxograma 1: Processo produtivo antes da melhoria.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Atual: A impressão 3D reduziu a porcentagem de erro de 40% para 20% o que é muito significativo. No processo atual além do desenho, também é enviado o protótipo impresso pela impressora 3D, possibilitando maior precisão na confecção da peça, reduzindo a margem de erro.

Fluxograma 2: Processo produtivo após da melhoria.



Fonte: Elaborado pelos autores.

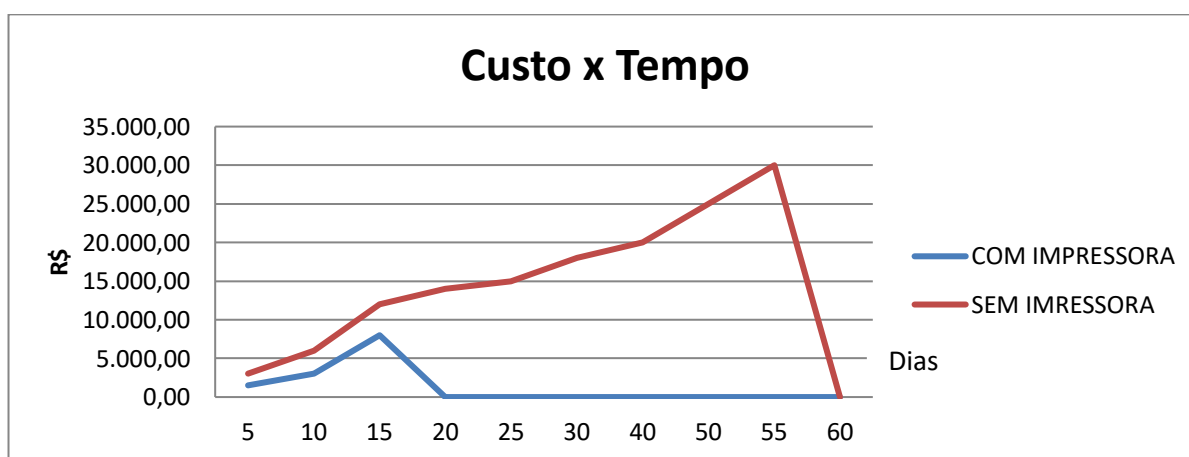
O processo antigo e atual demonstrado através dos fluxogramas é o mesmo, mudando apenas no passo onde a impressora entra com a impressão do protótipo para que seja enviado para a fundição juntamente com o desenho, e mesmo acrescentando um passo a mais no processo ainda assim há vantagem, pois o

envio do protótipo para a terceirizada faz com que haja menor erro na fundição, o que ajuda na redução de custos e tempo.

2.5 Viabilidade

A viabilidade deste investimento pode ser visualizada no gráfico 2 a seguir, que demonstra o contraste do processo antigo e atual.

Gráfico 2: Viabilidade de investimento.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O custo x tempo do projeto foi de impacto considerável após a implantação da impressora, no processo anterior os custos eram estimados em até R\$ 30.000,00, proporcional à demora do tempo de até 60 dias em retornos para reparar erros de precisão na peça, observa-se no processo com impressora a média de custo e tempo foi reduzido para R\$ 8.000,00 e 15 dias na elaboração de cada projeto. O custo da impressão varia de acordo material utilizado, para plástico ABS, um quilograma de filamento custa aproximadamente R\$ 96,00 reais, considerando moldes que são leves o custo é relativamente baixo.

2.6 Aspectos Qualitativos de Melhoria na empresa após investimento

Optante de sistemas de melhoria constante e certificada pela ISO 9001, a empresa atentou para atividades que não agregavam valor, enquadrados em fatores de grandes desperdícios: o retrabalho e o tempo de espera ocasionado na produção de peças.

Com adesão da impressão 3D, a empresa INCOTEP ganhou agilidade e maior espaço no meio competitivo, favorecendo toda a cadeia, desde o fabricante até o cliente final melhorando ainda mais a qualidade no produto.

Como, por exemplo, em destaque:

- **Testes de encaixe** – onde é possível testar diretamente na peça onde o produto final será utilizado e/ou acoplado.
- **Validação dos produtos** – Todos os projetos desenvolvidos são validados e lançados ao mercado para uso.
- **Interações** – A preocupação em ouvir o cliente e interagir com o mesmo para entender a sua real necessidade.
- **Confiabilidade** – A excelência em qualidade transmite confiança aos seus clientes.
- **Confidencialidade** – O comprometimento em preservar a exclusividade de seus projetos.
- **Satisfação do Cliente** – Projetos entregues dentro do prazo, com excelente qualidade e de acordo com a necessidade do cliente.

3. INFLUÊNCIA DA INDÚSTRIA 4.0

A industrialização 4.0 impõe ao mercado um novo conceito de interligar o desenvolvimento tecnológico, inteligência artificial, inovação de serviços e empregos com maior qualificação. Entre estas tecnologias estão a manufatura aditiva, inteligência artificial (AI), robótica avançada, internet das coisas e tecnologia de sensores, destacando a manufatura aditiva que enquadra a impressão 3D, ressalta-se para sua implementação seis requisitos:

- **Integração Vertical:** Digitaliza e integra processos através de sistemas inteligentes, verticalmente por intermédio de toda organização desde o projeto do produto, manufatura, logística e serviços.
- **Integração Horizontal na cadeia de valor:** a integração de fornecedores, clientes e toda a cadeia de valor. A rastreabilidade e a memória de um produto sendo registrada geram transparência e flexibilidade de informação em tempo real.

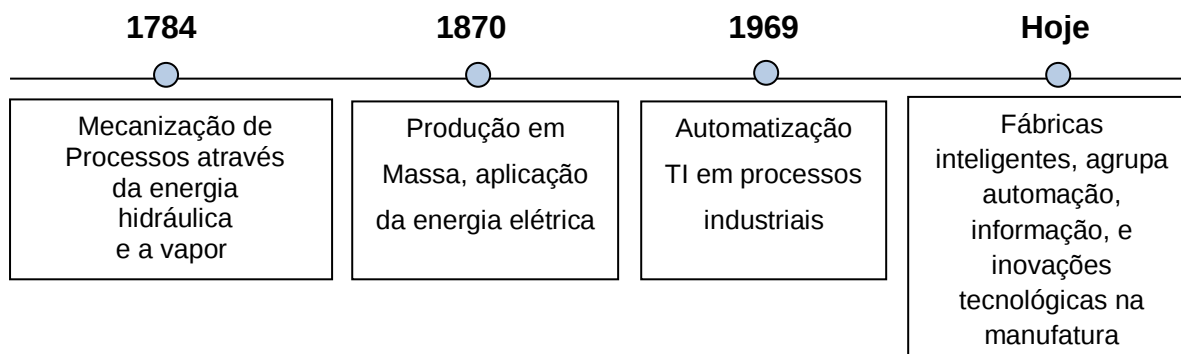
- **Aplicação de conceitos de engenharia em toda cadeia:** Simulação e Protótipos auxiliarão processos de criação de novos produtos.
- **Aceleração tecnológica:** efetividade na manufatura com tecnologias que agilizam processos como a robótica, Inteligência artificial, tecnologias com sensores e a impressão 3 D.
- **Manufatura Aditiva:** maior flexibilidade da indústria, projetando maior solução de produção e atendimento com redução de estoques, custos e prazos de entregas menores (FIRJAN, 2016).

O Brasil encontra-se na 58ª posição no quesito de absorção de novas tecnologias dentro de avaliação de 144 países, um desenvolvimento ainda considerado lento, o setor da indústria automotiva é o que mais se destaca neste novo conceito contribuindo com qualificação de profissionais com mão de obra especializada. De acordo com pesquisa CNI, na indústria brasileira 48% das empresas utilizam ao menos um tipo de tecnologia digital, entre este percentual 51% se encontra o setor da metalurgia, 27% do total aderem a automação digital com sensores para controle de processos, nas grandes empresas este percentual atinge 40%, o que demonstra a falta de incentivos para empresas menores (CNI, 2016).

O apoio e investimento do governo como estímulo pode gerar um grande retorno através de investimentos na educação, programas de treinamentos, qualificação e linhas de financiamentos específicas podem acelerar o desenvolvimento do mercado brasileiro com estimativas de retorno em redução de custos de manutenção de equipamentos em torno de 10 a 40%, redução de consumo de energia de 10 a 20% e um aumento na eficiência do trabalho entre 10 e 25%.

3.1 Fases da Revolução Industrial

Nas fábricas inteligentes produtos, máquinas e linha de montagem interagem a comunicação simultaneamente em tempo real de monitoramento, exigindo um alto nível de tecnologia envolvida. No diagrama a seguir são apresentadas as fases que ao longo dos anos levaram as indústrias ao crescimento.



- **1784:** Época marcada pela mudança de economia artesanal para introdução de máquinas mecânicas, hidráulicas e a vapor com uso em destaque para carvão, ferro e liderança do Reino Unido.
- **1870:** Representou a era de produção em massa liderada por E.U.A. destaque para energia destacando eletromecânica, sistemas analógicos introdução do petróleo.
- **1969:** com liderança do E.U.A. e Ásia com eletrônica e sistemas digitais, petróleo + gás natural.
- **Hoje:** destaque para energias renováveis e sistemas inteligentes.

3.2 Mudanças na Cadeia de Abastecimento

Existe um grande desafio atualmente que acomete basicamente todas as empresas, independente do seu porte, onde o principal objetivo é manter-se de forma eficiente e eficaz competitiva, garantindo a continuidade de suas operações e sua permanência no mercado.

Segundo Concil of Logistics Management, tem definido a logística como o processo de planejamento, implementação e controle da eficiência, e do custo efetivo relacionado ao fluxo de armazenagem de matéria-prima, material em processo e produto acabado, bem como do fluxo de informações, do ponto de origem ao ponto de consumo, com o objetivo de atender às exigências dos clientes, MARTINS e LAUGENI (2005 p.179).

Ainda de acordo com os autores, para o conceito de *Supply Chain*, ocorre o envolvimento e a integração de todas as firmas dentro da empresa, melhorando a comunicação entre clientes e provedores externos do meio logístico (MARTINS; LAUGENI, 2005).

Segundo Fernandes, et al. (2014), o impacto na cadeia de abastecimento inibe a atuação dos fornecedores pelos bens acabados, fornecendo somente matéria prima, sendo que distribuída para fábricas equipadas com impressoras 3D

produzirão peças sob encomenda para serem realizadas na montagem do produto final.

Para Manner-Bell e Lyon (2014) o nível de fornecedores é eliminado, o custo de transporte em cadeia é reduzido, e as empresas serão capazes de descentralizar a produção e o fornecimento de seus canais de distribuição.

Outro fator de nível que visivelmente diminui é o de estoques, pois os bens já são feitos por encomenda do cliente, reduzindo custos de armazenagem.

Potencialmente, bens produzidos na China e Ásia perderão espaço, reduzirão o volume de transportes marítimos e aéreos, logo a previsão proporcional de instalações na América do Norte e Europa tende no aumento e se mostra segura no quesito qualidade correspondendo às necessidades de mercado.

A previsão de especialistas sugere uma grande transformação na cadeia supply chain com o crescimento da tecnologia da impressão 3D, atualmente 50% de produtos finais acabados já envolvem algum tipo desta impressão, explorada em modelos protótipos de produção, fabricação de produtos de alta complexidade, e na área da medicina, e futuramente estima-se crescimento para 80% em 2020, sendo inserida até a produção em massa de bens de consumo de alto giro, afetando a indústria global como um todo na adaptação constante da área tecnológica e novos serviços.

Com a inclusão da impressão 3D, o maior benefício e mudança no cenário da cadeia de abastecimentos estão ligados numa nova cadeia de suprimentos digital 3D, aplicado na redução de quatro custos: custo de distribuição, custo de montagem, custo de transportes e custo de componentes de matéria-prima (FERNANDES et al., 2014). O auxílio da impressão 3D permitiu para a empresa em foco, um crescimento considerável na parceria com novos clientes e um retorno financeiro mais rápido devido à aprovação do produto final em menor tempo, gerenciando melhor a cadeia de abastecimento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o avanço da tecnologia abre portas para o crescimento e melhoria nos processos onde se aplica, no caso de estudo a empresa INCOTEP, do ramo civil alcançou um êxito maior com seus clientes implementando em seu

processo uma impressora 3D, o que agilizou o resultado e reduziu o prazo para a entrega do projeto final.

Ter uma visão inovadora e ligada às atualidades é essencial para a implementação de um equipamento como a impressora 3D, pois embora para muitos seja um assunto novo, para outros já é parte definitiva do seu processo e no que diz respeito ao investimento de um equipamento desse nível, neste caso de estudo comprova-se a viabilidade, no primeiro mês foi obtido retorno do investimento, um projeto que finalizava em até 60 dias foi reduzido para 15, custo visivelmente proporcional que chegava a 30 mil baixou para 8 mil reais.

Existem impressoras de custos mais altos para projetos mais complexos como no segmento da medicina, pode parecer muito alto, mas torna-se justificada em sua eficácia. Os pontos positivos que destacam essa tecnologia no ramo civil é a redução no gasto com matéria prima, pois em cada projeto é utilizado somente a quantidade necessária para a impressão de cada protótipo, em camadas aditivas, anteriormente o mesmo processo era realizado descamando a matéria-prima, gerando desperdício, já com a impressão 3D ocorreu a precisão, redução de tempo e custo, agilidade nos processos e melhoria na qualidade final do produto o que trouxe maior confiabilidade na relação e satisfação do cliente. Especialistas do ramo logístico já afirmam mudanças na cadeia de suprimentos onde aqueles que pretendem crescer no mercado deverão adequar-se em novos conceitos tecnológicos e formas de distribuição.

A indústria 4.0 mostra-se uma realidade com novo conceito proporcionando uma indústria muito mais produtiva agregada a tecnologias da informação rápida e interligada em seus processos, neste contexto a impressão 3D representa significativo desempenho como demonstrou o estudo de caso exposto como modelo. A impressora 3D vem transformando o mercado industrial e a tendência de crescimento é muito grande, prometendo alcançar até mesmo pessoas em suas residências permitindo que cada um a utilize em seu favor, mas por enquanto é uma premissa, e sua funcionalidade ainda está limitada às empresas.

Referências

CNI – **Confederação Nacional da Indústria**. Disponível em: <http://www.cni.org.br/sondespecial>. Acesso em: 03.04.2018.

FERNANDES A; ALMEIDA.C; et al, **Supply Chain e o impacto da impressora 3D**, 2014 – MBA Engenharia e Gestão da Manufatura e Manutenção – USP.

FIRJAN. **Federação das Indústrias do Rio de Janeiro**. Disponível em: www.firjan.com.br/lumis/portal/file/file/download.jsp . Acesso em: 01.04.2018.

GORNI, A. Augusto. **Introdução à prototipagem rápida e seus processos**. Disponível em: <http://www.gorni.eng.br/protrap.html> . Acesso em: 04/04/2018.

INTRIERI, C. **The Impact of 3D Printing in the Supply Chain and Logistics Arenas**, 2014. Disponível em: <<http://cerasis.com/2014/02/10/3d-printing-supply-chain>>. Acesso em: 18.10.2017.

LWT **Sistemas**. Blog, 2017. Disponível em: <https://www.lwtsistemas.com.br>. Acesso em: 27.10.2017.

MANNERS-BELL, J.; LYON, K. **The Implications of 3D Printing for the Global Logistics Industry**, 2014. Disponível em: <http://www.supplychain247.com/article/the_implications_of_3d_printing_for_the_global_logistics_industry/Transport%20Intelligence>. Acesso em: 30.10.2017.

MARTINS. P. G; LAUGENI. P. F, **Administração da Produção**, 2 ed. Ver. – São Paulo: Saraiva, 2005.

MCKINSEY, Q. **Remaking the Industrial economy**, 2014. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/remaking-the-industrial-economy>. Acesso 23.10.2017.

POSSARLE, R. **Ferramentas da Qualidade**, São Paulo: Senai – SP Editora, 2014.

ROMANO, J.; OLIVEIRA, R. R.; Wesley B. O.; QUINTINO, L. F. **Eficiência na produção alimentícia baseada em ferramentas da qualidade: estudo de caso de um processo de envase na indústria alimentícia**. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXVII, Nº. 000117, 07/12/2017. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/eficiencia-na-producao-alimenticia-baseada-em-ferramentas-da-qualidade-estudo-de-caso-de-um> Acessado em: 25/05/2018.

SCRIPTBRASIL. **Revista eletrônica**, 2017. Disponível em: <https://www.scriptbrasil.com.br/informatica/impressoras/impressoras-3d.html>. Acesso em 26.10.2017.

TAKAGAKI, Luis Kotti. **Tecnologia da Impressão 3D**. Revista Inovação Tecnológica, São Paulo, Julho/dez.2012.

WISHBOX TECHNOLOGIES. **Evolução das impressoras 3D**. Disponível em: <http://blog.wishbox.net.br/2016/03/31/a-evolucao-das-impressoras-3d/>. Acesso em 04/04/2018.