

IMPRESSORA 3D: IMPACTOS NA ÁREA DE OPERAÇÕES EM AMBIENTE DE MANUFATURA DE INDÚSTRIA 4.0

Felipe Sêrpico Hermenegildo

Gerson Eduardo Delgado Periche

Hayane Hassan Rkain

Otávio Aguiar da Silva

Orientador: Roberto Ramos Ramos de Moraes

RESUMO

Impulsionada por tecnologias que integram os mundos físico e digital, a Indústria 4.0 tem gerado grandes transformações no cenário global. Uma dessas tecnologias é a impressora 3D, que utiliza a técnica de manufatura aditiva para imprimir objetos a partir de uma imagem tridimensional. O presente estudo teve como objetivo verificar os impactos que a impressora 3D exercia na área de operações. Para atingi-lo, realizou-se uma pesquisa qualitativa exploratória tanto com empresas que utilizavam a tecnologia 3D como em empresas que pretendiam implantá-la. A análise dos dados coletados permitiu identificar os principais fatores que afetavam as empresas, tais como a redução dos custos, tempo e desperdícios de matéria-prima no processo de fabricação, redução de estoques e aumento da agilidade no processo de distribuição do produto acabado, possibilidade de customização do produto, flexibilidade na produção e melhoria na qualidade do produto. A pesquisa revelou que a impressora 3D se tratava de uma tecnologia emergente, com potencial para transformar a forma com que as empresas fabricavam os seus produtos.

Palavras-chave: Impressora 3D. Manufatura Aditiva. Indústria 4.0. Operações.

1. INTRODUÇÃO

Desde o estabelecimento das manufaturas no século XIX, a área de operações passou por mudanças bastante significativas (SPRAGUE, 2007). A partir disso, percebeu-se que a gestão de operações tem ganhado espaço em discussões, já que, se gerenciada de maneira eficiente, pode tornar-se uma ferramenta que possibilita o destaque de uma empresa diante de seus concorrentes.

As inovações tecnológicas são aliadas do processo de gerir a área de operações, pois podem ser utilizadas como novos mecanismos para que as organizações inovem em seus processos, produtos e/ou serviços e modelo de negócio e, dessa forma, se tornem mais competitivas.

Com a ascensão do conceito de Indústria 4.0 - fusão da tecnologia digital com a indústria convencional por meio da internet - novas tecnologias têm sido cada vez mais utilizadas a fim de adotar um método de confecção de produtos com o menor tempo e custo possível. Uma das tecnologias que tem contribuído com essa tendência é a impressora 3D, técnica de manufatura

aditiva que, diferente dos processos tradicionais de manufatura, confecciona objetos por adição de material camada sobre camada.

Para aprofundar o tema abordado, foram procuradas respostas para o seguinte problema: Quais são os impactos que a impressora 3D exerce na área de operações?

Tendo como objeto de estudo o setor de operações, o objetivo geral deste trabalho foi identificar os impactos que a impressora 3D pode exercer no setor em questão. Como objetivos específicos estabeleceu-se:

- Verificar o conhecimento por parte dos gestores sobre os conceitos de Gestão de Operações em ambiente de manufatura de indústria 4.0, envolvendo tópicos como Gestão de Estoques, Gestão da Inovação, Distribuição, Just in Time, Economia Colaborativa; e de Manufatura Aditiva;
- Descrever os resultados alcançados por gestores e executivos da área de operações após a implantação da Impressora 3D;
- Descrever as expectativas de gestores e executivos da área de operações em relação a Impressora 3D.

O tema foi escolhido pelo fato da impressora 3D ser uma nova tecnologia capaz de revolucionar o setor de operações, tendo em vista que a sua utilização possibilita que as empresas reduzam quesitos como: estoques, custo e tempo de fabricação. Além de favorecer o processo de distribuição e viabilizar a criação de peças com formatos complexos.

Para responder o problema de pesquisa, realizou-se uma pesquisa qualitativa, de natureza exploratória, elaborada por meio de entrevistas com gestores e executivos da área de operações de diferentes empresas. Por fim, foi feita uma análise de conteúdo, a fim de descrever, analisar e entender resultados obtidos e as expectativas dos entrevistados.

O estudo está estruturado da seguinte maneira: após a introdução, descreveu-se o referencial teórico seguido dos procedimentos metodológicos. No item 4 são descritas as análises dos dados e resultados. Por fim, no item 5 são descritas as considerações finais e sugestões para prosseguimento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para obter suportes teóricos adequados, são apresentados os conceitos de Gestão de Operações em manufatura de indústria 4.0, segmentados em duas partes. A primeira relacionadas a enfoques tradicionais de manufatura e, na segunda, são abordadas conceitos da Manufatura Aditiva (Impressora 3D).

2.1 Gestão de Operações em Ambiente de Manufatura de Indústria 4.0

Antes de estudar o conceito de Gestão de Operações (GO), é importante entendermos o que são operações. De acordo com a RLA (2005, p. 3) “operações trata-se do conjunto de métodos específicos de resolução dos problemas nas áreas de programação, inventário, planejamento de materiais” e outras atividades da cadeia de suprimentos.

Tendo como finalidade elucidar o tema de pesquisa, no Quadro 1 são descritos alguns conceitos de gestão de operações estabelecidos por autores relevantes que tratam sobre o assunto.

Quadro 1 - Definições de Gestão de Operações

Definição	Autor
A gestão de operações como o planejamento, a coordenação e controle dos processos que transformam matérias-primas em bens e/ou serviços.	Krajewski, Ritzman e Malhotra (2010)
A GO trata-se da área responsável pelo gerenciamento dos sistemas produtivos de uma organização que modificam e combinam insumos em produtos e/ou serviços, de maneira que os objetivos estratégicos tanto de custo quanto de qualidade sejam alcançados e superados	Wanke (2010)
O gerente de operações “precisa coordenar a utilização de recursos através do processo administrativo de planejamento, organização, supervisão, direção e controle”.	Stevenson e Frankel (2001, p. 10)
Gestão de operações trata-se da tarefa de gerir estrategicamente os recursos escassos, suas interações e os processos produtivos de bens e serviços, com o objetivo de suprir as demandas de tempo, qualidade e custo dos clientes	Corrêa e Corrêa (2011)
A GO trata-se do gerenciamento dos recursos necessários para a produção e entrega de bens e/ou serviços.	Slack, Brandon-Jones e Johnston (2013)
A GO compreende o processo de transformação e agregação de valor de <i>inputs</i> (matérias-primas ou mão de obra) em <i>outputs</i> (produtos ou serviços).	Pires (2009)
Além de abranger o planejamento de todas as atividades que desencadeiam a produção de um bem ou serviço, o termo também engloba o desenvolvimento e sua distribuição.	Francischini e Gurgel (2010)
A administração de produção e operação divide-se em dois pontos de vista: o corporativo e o operacional. O panorama corporativo é visto como a gestão de recursos diretos que são indispensáveis para a obtenção de produtos e serviços. Já a perspectiva operacional é conceituada como a gestão de um conjunto de elementos responsáveis pela transformação de uma determinada quantidade de insumos em um certo resultado almejado.	Davis, Aquilano e Chase (2003)
A Gestão de Operações determina e aplica os métodos necessários e eficientes para converter capacidades, informações, conhecimentos e equipamentos disponíveis, em tarefas, adicionando importância e valor, utilizando métodos acessíveis.	Paiva, Carvalho Junior e Fensterseifer (2009)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Um tema de grande importância abordado na gestão de operações é o planejamento e controle da produção (PCP), que “consiste essencialmente em um conjunto de funções inter-relacionadas que objetivam comandar o processo produtivo e coordená-lo com os demais setores administrativos da empresa” (ZACCARELLI, 1987, p.1).

Chiavenato (2008) explica que o PCP é uma atividade administrativa que tem como objetivo aumentar simultaneamente a eficiência e a eficácia de uma organização, através do planejamento e programação antecipados da produção e das operações, e do controle adequado dessas atividades. Tubino (2000) explica que o PCP é a atividade responsável por desenvolver ações estratégicas que levarão a organização ao alcance de suas metas, procurando gerir os recursos e fazer correções quando necessário.

Apesar de existirem inúmeras definições sobre o que é a gestão de operações, neste trabalho toma-se como base a abordagem realizada por Corrêa e Corrêa (2011), pois tratam o assunto de forma abrangente, englobando desde o processo produtivo, até a entrega do produto e/ou serviço para o cliente.

2.1.1 Gestão de Projetos

A gestão de projetos é a atividade de gerenciar atividades temporárias, e não repetitivas, com o objetivo de concluir um projeto de vida fixa (GRAY; CLIFFORD; LARSON, 2016). Segundo Valeriano (2008), o gerenciamento de projetos trata-se de uma atividade que impulsiona a competitividade das organizações por meio da padronização das atividades.

De acordo com Kerzner (2010) o gerenciamento de projetos pode ser definido como o planejamento, a programação e o controle de tarefas integradas de maneira que seus objetivos sejam alcançados com êxito. Vargas (2000, p. 7) considera que:

O gerenciamento de projetos é um conjunto de ferramentas gerenciais que permitem que a empresa desenvolva um conjunto de habilidades incluindo conhecimento e capacidades individuais, destinados ao controle de eventos não repetitivo, únicos e complexos, dentro de um cenário de tempo, custo e qualidade pré-determinados.

O PMBOK (2014, p. 5) explica que “gerenciamento de projetos é a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para atender aos seus requisitos”. A gestão de projetos é realizada por meio da implementação de processos gerenciais de projetos, que são divididos em cinco grupos: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento.

2.1.2 Gestão de Estoques

Wanke (2011) destaca que a gestão de estoques tem se tornado uma questão cada vez mais evidente para o gerenciamento de cadeia de suprimentos, tanto no meio acadêmico quanto no empresarial. Por isso, é importante entender esse conceito posto que novas tecnologias estão surgindo e modificando o modo que as indústrias enxergam essa questão.

Estoque é o termo utilizado para descrever o acúmulo dos recursos originados de processos, operações ou redes de suprimentos. Denomina-se gestão de estoques o gerenciamento de tais acumulações (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2015).

De acordo com Martins e Alt (2011), a gestão de estoques é composta por um conjunto de estratégias que permitem analisar se os estoques estão sendo utilizados, localizados e manuseados de forma eficiente e eficaz. Já Arnold (2012) explica que é responsabilidade da gestão de estoques o planejamento e o controle do estoque, desde a fase de matéria-prima até o produto final.

Moreira (2008) aponta que existem duas dimensões importantes em que a gestão de estoques recebe destaque e requer atenção: a operacional e a financeira. Na perspectiva operacional, os estoques proporcionam certas economias na produção, e também, regulam o seu ritmo. Já pela ótica financeira, os estoques são considerados investimento, e são considerados como parte do capital da empresa (MARTINS; ALT, 2011). Vale ressaltar que a gestão de estoques “exige conhecimento sobre sua funcionalidade, princípios, custos, impacto e dinâmica” (BOWERSOX et al, 2014, p. 159).

As etapas logísticas devem ser analisadas como um sistema, isto é, um conjunto de elementos que se relacionam entre si. Por isso, depois de entende os principais conceitos referentes à gestão de estoques, é importante estudar a etapa subsequente: a distribuição.

2.1.3 Distribuição

Com a crescente competitividade no mercado global, algumas questões tornaram-se elementos primordiais para as organizações, entre elas, o sistema de distribuição, isto é, como o produto final é entregue para o cliente.

Dias (2015) explica que a etapa de distribuição de produtos e serviços tornou-se um tema bastante importante, pois já foi considerada uma fonte de custos e responsável por acabar com os lucros. O autor conceitua a distribuição como o ato de colocar o produto certo no local certo, na quantidade correta, no tempo certo e com menor custo possível.

Distribuição é a etapa logística que compreende as atividades de movimentação, estocagem e processamento de pedidos, sendo que o objetivo final é atingir o consumidor de forma rápida e eficiente, com menor tempo e custo possível (BALLOU, 1993).

Martins e Alt (2011) definem o processo de distribuição como um conjunto de tarefas realizadas entre o produto final e sua chegada ao cliente. Segundo os autores, o processo de distribuição de mercadorias exerce impacto direto na competitividade entre as organizações visto que constitui um custo expressivo para uma grande parcela destas. Isso ocorre por conta de fatores como a velocidade e confiabilidade da entrega do produto aos consumidores dentro do prazo, além do aspecto de confiabilidade, referente ao rastreamento da mercadoria.

Arnold (2012) descreve a distribuição como o processo de armazenagem e transporte de produtos acabados desde o final de sua produção até a entrega para o consumidor.

A distribuição é a atividade responsável por levar os produtos acabados até o consumidor final, por isso deve garantir que os pedidos sejam entregues no tempo, local e na quantidade correta, com a qualidade requisitada (CHING, 2001; NOGUEIRA, 2012).

Chopra e Meindl (2011) destacam que esse processo engloba todos os procedimentos de movimentação e armazenamento de produtos desde o fornecimento de matéria-prima ao fabricante, até o consumidor final.

Este estudo fundamenta-se no conceito de Ballou (1993), que, além de tratar da movimentação do produto final, abrange os processos que precedem a entrega do produto para o cliente final: processamento de pedido e estocagem.

2.1.4 Gestão da Inovação

Muitos autores no campo da inovação apontam que o sucesso econômico de grande parcela das organizações é resultado da incorporação eficaz de inovações em seus produtos e processos (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008). De acordo com Bessant e Tidd (2009), a teoria sobre o processo de inovação foi estruturada, fundamentalmente, com base em inovações de caráter tecnológico relacionadas ao setor industrial.

A gestão da inovação trata-se do ato de administrar as principais habilidades, conhecimentos, e mecanismo que tornam as organizações capazes de introduzir, gerar, modificar e gerenciar inovações de produtos e/ou processos, com objetivo de aumentar a sua competitividade (OCDE, 2007).

Tidd, Bessant e Pavitt (2008) explicam que o processo de inovação é movido pela capacidade de construir relações, detectar e aproveitar novas oportunidades. Contudo, tendo em vista que esse processo não se fundamenta apenas no surgimento de novos mercados, a inovação pode também significar novas formas de servir a mercados existentes e desenvolvidos. Os autores complementam apontando que a gestão da inovação consiste fundamentalmente em criar, melhorar, reconhecer e compreender as práticas efetivas para o desenvolvimento de inovações.

Uma inovação se trata do ato de introduzir no mercado um novo produto/serviço, criado com base em uma invenção, ou uma melhoria de algo já existente, que altera significativamente a maneira que os produtores e consumidores se relacionam (SCHUMPETER, 1988; TÁLAMO, 2002; FIGUEIREDO, 2009). Paralelamente, Burgelman, Christensen e Wheelwright (2013, p. 18) explicam que “as inovações são o resultado do processo de inovação, definido como as atividades combinadas que levam a produtos e serviços novos e comercializáveis”.

O conceito de inovação é retratado de maneira diferente pelos autores, e isso também ocorre nas classificações dos tipos e graus da inovação. Tidd, Bessant e Pavitt (2008) classificam as inovações em quatro tipos: de produto, de processo, de posição e de paradigma.

O Manual de Oslo também divide as inovações em quatro tipos: de produto, de processo, de marketing e organizacional (OCDE, 2007).

Por outro lado, Davila, Epstein e Shelton (2007) explicam que existem basicamente dois tipos de inovação: de produto ou serviço e de modelo de negócio. Sobre as mudanças em processos, os autores afirmam que são intrínsecas às duas categorias básicas.

Tendo em vista que a impressora 3D é uma inovação em ascensão, capaz de revolucionar não apenas os processos de produção, mas também os processos de armazenagem e distribuição de produtos, para efeito de estudo, neste trabalho adotam-se as classificações do Manual de Oslo (OCDE, 2007) e de Tidd, Bessant e Pavitt (2008), pois ambos apontam para a inovação de processo, que se trata da implementação de um novo ou aperfeiçoado método de produção e/ou distribuição, que abrange mudanças em técnicas, equipamentos ou *softwares* (OCDE, 2007).

2.1.5 Inovação Incremental

A inovação incremental abrange mudanças tecnológicas moderadas, desenvolvidas acerca de conhecimentos, experiências e/ou bens já existentes, de forma que os produtos e serviços atuais não sejam substancialmente modificados (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2015). Schumpeter (1988) explica que as Inovações Incrementais são aquelas que se caracterizam por um processo constante de mudança.

Burgelman, Christensen e Wheelwright (2013, p. 18) explicam que essas inovações são aquelas que “preveem adaptação, refinação e aprimoramento dos produtos e serviços existentes, assim como os sistemas de produção e distribuição”.

As inovações incrementais acontecem de forma contínua, usualmente compreendem aperfeiçoamentos e modificações cotidianas nos produtos, serviços e processos organizacionais, e são consequentes do processo de aprendizado interno e do acúmulo de capacitações (TIGRE, 2006).

Esse grau de inovação pode ser entendido “como a melhoria de produto ou processo existente cujo desempenho tenha sido significativamente melhorado ou a reconfiguração de uma tecnologia já existente para outros propósitos” (HBE, 2003 apud CORAL; OGLIARI; ABREU, 2009).

As inovações incrementais buscam explorar o potencial máximo de um produto ou serviço já existente, sem precisar realizar grandes transformações e investimentos (DAVILA; EPSTEIN; SHELTON, 2007).

2.1.6 Inovação Radical

Embora alguns autores adotem o termo “inovação disruptiva” para se referir a este grau de inovação, neste projeto será utilizado o termo genérico “inovação radical”.

As inovações de caráter radical compreendem produtos e serviços totalmente novos, bem como sistemas de produção e distribuição (BURGELMAN; CHRISTENSEN; WHEELWRIGHT, 2013).

Slack, Brandon-Jones e Johnston (2015, p. 119) explicam que: “a inovação radical inclui grandes avanços tecnológicos que podem exigir recursos e/ou conhecimento totalmente novos, tornando obsoletos os produtos e serviços existentes e, assim, não competitivos”.

Segundo Tigre (2006), as inovações radicais caracterizam-se por mudanças descontínuas, que rompem com uma trajetória já existente e com os limites da inovação incremental. Por isso, Schumpeter (1988) afirma que as inovações radicais são responsáveis por promover grandes mudanças no mundo.

De acordo com a HBE (2003 apud CORAL; OGLIARI; ABREU, 2009), essas inovações caracterizam-se por:

Produto ou processo cujas características, atributos ou uso difiram significativamente, se comparados aos produtos e processos existentes. Tais inovações podem envolver tecnologias radicalmente novas ou podem se basear na combinação de tecnologias existentes para novos usos.

Coral, Ogliari e Abreu (2009) ainda destacam que as inovações de caráter radical trazem consigo uma revolução tecnológica, acarretando a extinção daquilo que existiam antes delas.

Burgelman, Christensen e Wheelwright (2013) descrevem as inovações radicais como aquelas que englobam novos grupos de bens e serviços, e até mesmo novos sistemas de manufatura e distribuição. Esse grau de inovação caracteriza-se por modificações expressivas tanto em relação ao modelo de negócios quanto a tecnologia empregada por uma empresa (DAVILA; EPSTEIN; SHELTON, 2007).

2.1.7 Just In Time

O sistema *Just In Time* (JIT), foi criado pela *Toyota Motors Company* com o objetivo de aumentar a produtividade, considerando a limitação de recursos, além de oferecer soluções rápidas aos clientes e minimizar os estoques simultaneamente (MOURA; BANZATO, 1994; BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

De acordo com Tigre (2006, p. 197), “o JIT foi desenvolvido diante da necessidade de reduzir custos de produção por meio da eliminação do excesso e do desperdício em todas as etapas do processo produtivo”. O *Just In Time* se trata de uma técnica que evita a ociosidade dos insumos materiais e permite grandes economias de tempo, uma vez que seu principal objetivo é entregar produtos a tempo de serem vendidos e comprar os componentes a tempo dos produtos serem fabricados. Isto é, abastecer o estoque na quantidade e no momento em que houver demanda dos itens (TIGRE, 2006).

O JIT caracteriza-se pela eliminação dos estoques e desperdícios em sua produção, fluxo contínuo de fabricação, forte empenho na resolução de problemas e pelo aperfeiçoamento constante dos processos produtivos (CORRÊA; GIANESI, 1996).

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009, p. 452), “O *just-in-time* (JIT) é uma abordagem disciplinada, que visa aprimorar a produtividade global e eliminar os desperdícios. Ele possibilita a produção eficaz em termos de custo, assim como o fornecimento apenas da quantidade correta”. Corrêa e Gianesi (1996, p. 56) descrevem que:

O JIT é muito mais do que uma técnica ou um conjunto de técnicas de administração da produção, sendo considerado como uma completa "filosofia", a qual inclui aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, arranjo físico, projeto do produto, organização do trabalho e gestão de recursos humanos.

Ainda sobre a filosofia JIT, Corrêa e Gianesi (1996) explicam que os estoques costumam camuflar problemas na produção, pois são utilizados para evitar que o processo produtivo seja descontinuo perante situações adversas na produção. Esses problemas na produção são categorizados em três grupos: problemas de qualidade, problemas de quebra de máquina e problemas de preparação de máquina. Desta forma, quando se elimina os estoques, os problemas ficam visíveis, podendo ser solucionados.

2.1.8 Lote Único

O conceito de lote único surgiu a partir do modelo de produção Just in Time, que tinha como um de seus principais objetivos produzir lotes de uma unidade, entretanto, isso mostrou-se economicamente inviável, devido aos custos de preparação das máquinas (tempo de setup), em relação aos custos de manutenção dos estoques (CORRÊA; GIANESI, 1996).

Tempos de preparação baixos resultam em menores estoques, menores lotes de produção e ciclos mais rápidos. Por isso, reduzir o tempo de setup é considerado um dos pontos-chave do sistema JIT (CORRÊA; GIANESI, 1996; KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2010).

Harmon e Peterson (1991) explicam que é importante reduzir o tempo de setup, pois quando esse custo é alto, os lotes produzidos acabam sendo grandes, tornando o investimento, resultante em estoques, bastante elevado. Entretanto, se o custo de conversão é reduzido, torna-se possível produzir diariamente a quantidade necessária com objetivo de reduzir o investimento em estoques.

2.1.9 Economia Colaborativa

Embora a economia colaborativa (EC) seja um assunto relativamente novo, é importante discutir o seu conceito neste trabalho pois em uma cadeia de suprimentos as empresas estão colaborando entre si, desde o fornecimento de insumos até a entrega do produto acabado.

A EC se trata de um ecossistema emergente que está se destacando sobre modelos de negócios já estabelecidos no mundo todo (PWC, 2015). Stokes et al. (2014, p. 6) explicam que a economia colaborativa é formada, basicamente, por “novas formas de consumir, aprender, financiar e produzir”.

A EC descreve um novo modo de pensar sobre os negócios, de troca, de valor e de comunidade. Além disso, permite que as pessoas tenham acesso a produtos e/ou serviços em vez de possuí-los, encoraja a criação de redes descentralizadas sobre organizações centralizadas (STOKES et al., 2014).

Gansky (2011) denomina a EC de *Mesh Business*. Para a autora, esse conceito refere-se às mudanças nas formas nas quais os consumidores obtêm bens e serviços, deixando de comprá-los para compartilhar e realizar trocas entre si.

Owyang e Samuel (2015) defendem que a EC é uma nova atividade econômica em que tecnologias permitem que as pessoas obtenham produtos e serviços que precisam umas das outras, ao invés de comprar de uma organização já estabelecida.

Botsman e Rogers (2010) explicam que a economia colaborativa representa uma certa necessidade da sociedade por um mercado mais colaborativo, no qual em lugar de comprar, as pessoas optem pelo compartilhamento de recursos, bens e serviços. A EC possibilita que pessoas consumam bens e serviços pagando apenas pelo que usarem de tais recursos, não os possuindo, mas sim tendo acesso a estes recursos de maneira compartilhada e colaborativa (RIFKIN, 2015).

Possibilitada pela utilização de tecnologias, a economia compartilhada trata-se de um fenômeno caracterizado pelo ato de indivíduos ou organizações compartilharem o uso de um bem físico ou serviço. Ou seja, os indivíduos dão preferência ao acesso a um bem ou serviço em vez de possuí-lo (SCHWAB, 2016).

2.1.10 A Indústria 4.0

A indústria de manufatura passou por diversas transformações durante as três revoluções industriais conhecidas. Na primeira, com a utilização da energia a vapor e da produção mecânica, na segunda, com o uso da energia elétrica e da produção em massa, e na terceira, que se caracterizou pela automação dos processos de fabricação, resultado da utilização de tecnologias da informação (DELOITTE, 2015).

Uma quarta fase de mudanças está sendo desenhada no cenário mundial, denominada indústria 4.0. Ela é impulsionada por tendências de conectividade, orientação de serviços, materiais e tecnologias avançadas, e redes de fabricação desenvolvidas e colaborativas. Em suma, a Indústria 4.0 fundamenta-se em sistemas de produção ciberfísicos que unem o mundo real ao virtual (DELOITTE, 2014).

A consultoria ainda explica que as mudanças englobam toda a cadeia de valor, desde matérias-primas até a entrega do produto final, influenciando também as áreas de negócios e suporte, como por exemplo, a cadeia de suprimentos (DELOITTE, 2015).

Schwab (2016) afirma que a indústria 4.0 será responsável por desencadear uma revolução na forma em que as cadeias de valores mundiais se organizam. O autor afirma que essa nova revolução é pautada pela colaboração global e flexível dos sistemas físicos e digitais, ou seja, o que distingue a quarta revolução das outras é a integração e interação entre as tecnologias físicas e digitais, permitindo a criação de fábricas inteligentes.

Em um relatório publicado pela CNI (2016), a indústria 4.0 é descrita como um conceito que corresponde ao que se denominou como a 4ª Revolução Industrial. Esse conceito surgiu como resultado da integração entre a digitalização e as atividades industriais, caracteriza-se pela integração e controle da produção a partir de equipamentos conectados em rede, ou seja, trata-se da união do mundo real com o virtual.

A indústria 4.0 concentra-se na integração das tecnologias físicas e digitais em todas as etapas da cadeia de valor, isto é, desde o processo de desenvolvimento de um produto, até a sua entrega para o consumidor final (PWC, 2016).

Essa nova revolução está sendo fomentada por tecnologias como a *IoT* (tendência de conectar dispositivos à Internet), o *big data* (grande conjunto de dados armazenados), a computação em nuvem (possibilidade de acessar arquivos e executar diferentes tarefas pela internet), a robótica avançada, a inteligência artificial, tecnologias de manufatura aditiva (Impressão 3D) e manufatura híbrida (CNI, 2016).

A indústria 4.0 está rompendo com os moldes tradicionais da cadeia de valor. Por isso, as empresas precisam guiar seus negócios em direção a transformação digital para obter sucesso nesse novo ambiente (MCKINSEY, 2015).

Segundo informações da McKinsey (2016), existem pelo menos quatro dimensões nas quais as empresas precisam investir para obter resultados significativos em relação à indústria 4.0:

- Dados, potência computacional e conectividade;
- Análise e inteligência;
- Interação homem-máquina;
- Conversão do mundo digital ao físico.

É imprescindível entender o conceito de indústria 4.0 para debater sobre a impressão 3D, pois essa tecnologia é considerada uma das principais ferramentas que vem impulsionando a 4ª Revolução Industrial em termos de manufatura aditiva e conversão de dados digitais em produtos físicos.

2.2 Manufatura Aditiva – A Impressora 3D

A impressão 3D é uma técnica de prototipagem rápida que consiste na construção automatizada de objetos sólidos, camada por camada, a partir de um arquivo digital com a imagem tridimensional do objeto, diferente dos processos usuais de usinagem, corte, torneamento e fresamento, que desperdiçam material (WOHLERS, 2016).

Janssen et al. (2014) e Souza e Ulbrich (2013) explicam que, tradicionalmente, os produtos são fabricados por meio de técnicas de usinagem que se baseiam na remoção de material por meios de processos subtrativos. A impressão 3D é uma técnica de manufatura aditiva (MA) em que o material é acrescentado camada por camada sucessivamente. Os autores afirmam que, por possibilitar uma forte customização de produtos, a impressora 3D pode ter impactos marcantes em setores da cadeia de suprimentos, como os setores de produção e distribuição, já que a tecnologia possibilita um tempo de produção menor que o usual, e dessa forma, o produto pode chegar ao cliente final em um prazo menor.

A impressão 3D compreende um conjunto de técnicas de MA que possibilita que empresas e indivíduos, com acesso aos dados tridimensionais, imprimam objetos sólidos. Diferente de outros processos tradicionais, que são baseados na remoção de material, essa tecnologia consiste fundamentalmente na fabricação de protótipos utilizando modelos computacionais 3D através do processo de manufatura aditiva, por adição de material camada sobre camada (VOLPATO, 2007; GIBSON; ROSEN; STUCKER, 2014).

Ford (2014) descreve que ao contrário dos processos tradicionais de manufatura que envolvem a subtração de materiais, a MA consiste em um conjunto de tecnologias emergentes utilizadas, principalmente, para fabricar objetos tridimensionais diretamente de modelos digitais através de um processo aditivo, mediante a adição de sucessivas camadas de materiais.

O processo de impressão 3D é realizado, basicamente, da seguinte maneira: com a utilização de *softwares* específicos – como o AutoCAD - os profissionais criam projetos tridimensionais. Os dados digitais são enviados para uma impressora 3D, que produz um objeto tridimensional, que é impresso em camadas sequenciais, utilizando diferentes matérias-primas (DELOITTE, 2016).

Schwab (2016, p.148) explica que “a impressão 3D, ou fabricação aditiva, consiste na criação de um objeto físico por impressão, camada sobre camada, e um modelo ou desenho digital em 3D”.

Segundo a Deloitte (2016), o fato dessa tecnologia de prototipagem ser rápida permite que os usuários desenvolvam e revisem rapidamente os processos, diferente da manufatura tradicional, suas aplicações são vastas. De acordo com pesquisas realizadas, a impressão 3D será capaz de reestruturar as cadeias de suprimentos, além de mudar totalmente a relação entre empresa e cliente. Tendências mostram que, nos próximos cinco anos, as impressoras 3D serão usadas como chão de fábrica, isto é, para produção em massa (PWC, 2016).

A manufatura aditiva é considerada uma tecnologia emergente, com enorme potencial para desencadear uma revolução nos processos de desenvolvimento de produtos permitindo a criação de valor para novos negócios, novos produtos e para as cadeias de suprimentos, reduzindo custos de fabricação, estoques e os prazos de entrega (GAUSEMEIER; ECHTERHOFF; WALL, 2013).

Kahn e Mohr (2015) explicam que quando se discute sobre tendências emergentes que exercem impacto sobre a cadeia de suprimentos, a tecnologia de impressão 3D se mostra como uma das mais extraordinárias. Entre as descobertas mais surpreendentes estão exemplos como as implicações para a gestão de estoques, transportes, além de sua contribuição para a personalização em massa e a fabricação em nuvem.

De acordo com Birtchnell et al. (2013), por facilitar a personalização do produto, a impressão 3D pode ter impactos notáveis na cadeia de suprimentos, tanto na produção quanto na distribuição. O fabricante é capaz de adaptar sua oferta a cada cliente, além disso, por ser uma forma de manufatura mais ágil e flexível, ele pode reagir às mudanças do mercado sem muito prejuízo.

Essa tecnologia de MA pode auxiliar uma empresa a conquistar vantagem competitiva, melhorar seu desempenho na cadeia de valor, crescer e aumentar a eficiência de sua operação e cadeia de suprimentos. Esses benefícios são divididos em três níveis: estratégia de negócio, crescimento da empresa e eficiência operacional (EY, 2016).

Segundo a EY (2016), a estratégia de negócio engloba fatores como a criação de novos modelos de negócio e o reposicionamento da cadeia de valor. Já o crescimento da empresa é dado pela possibilidade de customização e personalização dos produtos, que é possível graças ao fato de que a tecnologia permite criar produtos com estruturas geométricas complexas, esses fatores acrescentam valor ao produto, e atrai novos clientes e mercados.

Por último, a eficiência operacional compreende elementos como o desenvolvimento de um melhor custo-benefício do produto, processos de manufatura mais eficientes, baixo custo de engenharia e manutenção, estoques menores e redução do transporte, além da rápida introdução do produto do mercado. Além disso, a impressora 3D possibilita que as empresas sejam flexíveis em relação à sua demanda, já que a tecnologia permite que os produtos sejam fabricados de acordo com o princípio de lote único, sem a utilização de ferramentas ou substituição, mantendo a sua capacidade de produção (EY, 2016).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Tendo em vista que a proposta deste trabalho foi o de verificar quais eram os impactos que a impressora 3D exerceu na área e operações, e descrever as expectativas dos gestores da área sobre o assunto, esta pesquisa tem caráter exploratório, e a metodologia empregada foi a qualitativa, essa abordagem metodológica “preocupa-se em analisar e interpretar aspectos mais profundos, descrevendo a complexidade do comportamento humano. Fornece análise mais detalhada sobre as investigações, hábitos, atitudes, tendências de comportamento etc.” (LAKATOS; MARCONI, 2011, p. 269).

Para a realização da pesquisa, os sujeitos foram os gestores e executivos da área de Operações. A escolha se deve pela proximidade dos entrevistados aos processos que a Gestão de Operações abrange, e também, pelo conhecimento técnico.

Para fomentar a pesquisa, os dados foram coletados por meio da realização de entrevistas com gestores da área de operações. Essa técnica foi escolhida, pois de acordo com Lakatos e Marconi (2011) trata-se de uma maneira flexível e aberta de realizar uma pesquisa, dando mais espaço para o entrevistado responder às questões, através de um diálogo aberto, profundo, espontâneo e cuidadoso. Para coletar os dados foi utilizado um roteiro semiestruturado abrangendo as questões apresentadas no Apêndice A – Matriz de Amarração.

O tratamento dos dados foi feito por meio da análise de conteúdo. De acordo com Richardson (2008), a análise de conteúdo é utilizada para estudar materiais do tipo qualitativo, que tem como objetivo transcender as incertezas e enriquecer a leitura dos dados coletados.

Bardin (2011) explica que a análise de conteúdo é composta por técnicas metodológicas utilizadas na análise das comunicações, que permite obter uma conclusão sobre os conhecimentos relativos às condições de produção e/ou recepção das informações recebidas. A análise é organizada de forma cronológica, obedecendo as seguintes etapas:

- **Pré-análise:** etapa preparatória, de organização do conteúdo obtido;

- **Exploração do material ou codificação:** etapa que consiste na exploração do material coletado, em que são definidas categorias e são identificadas unidades de registro e unidades de contexto nos documentos;
- **Tratamento dos resultados, inferência interpretação:** os resultados obtidos são tratados, é feita uma análise crítica, separando as informações de forma relevante.

4. ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

O objetivo desta pesquisa foi verificar os impactos que impressora 3D exerce na área de operações, para alcançá-lo, foi necessário obter respostas para o problema de pesquisa mediante a realização de entrevistas com profissionais da área estudada.

Este capítulo destina-se à análise e discussão dos dados obtidos e também à apresentação dos resultados identificados, que foram realizados por meio da técnica de análise de conteúdo. No Quadro 2, estão descritas informações gerais sobre participantes da pesquisa.

Quadro 2: Participantes da Pesquisa

Entrevistado	Ramo de Atividade da Empresa	Cargo do Entrevistado	Implantou a Impressora 3D? (S/N)
E1	Indústria Fabricante de Peças Automotivas	Gerente de Engenharia	S
E2	Indústria Fabricante de Elevadores, Escadas e Esteiras Rolantes	Assistente de Engenharia Mecânica	S
E3	Fabricante de Controles Elétricos e Eletrônicos	Supervisor de Desenvolvimento de Produtos Eletromecânicos	S
E4	Multinacional Fabricante de Automóveis	Engenheiro de Manufatura	N
E5	Fabricante de Utensílios de Cozinha	Gerente de Operações	N

Fonte: Elaborado pelos pesquisadores.

Antes das análises, foi importante atentar para os processos em que a impressora 3D é utilizada e cada empresa. Os participantes da pesquisa E1, E2, E3, E4 e E5 relataram que a impressora 3D é utilizada, respectivamente, nos processos de: prototipagem, fabricação de peças que integram o produto final (gabaritos de pinagem), confecção e correção de moldes, criação de proteções de cabeçotes de apertadeiras, criação de protótipos e moldes de novos produtos.

Para melhor compreensão dos resultados, primeiramente, as entrevistas foram transcritas e, em seguida, organizadas de acordo com a relevância do que foi citado pelos entrevistados. Com isso, foi possível detectar categorias presentes no discurso dos participantes da pesquisa, preocupando-se em estabelecer uma conexão com os conceitos abordados no referencial teórico.

Dessa forma, foram estabelecidas as seguintes categorias: custo de produção, tempo de produção, distribuição, desperdício de matéria-prima, estoque, qualidade, customização e flexibilidade.

- **Custo de Produção**

Um dos aspectos mais recorrentes em todas as entrevistas foi a questão da redução de custos. Bem como a EY (2016) explicou, os entrevistados que representaram as empresas que já utilizam a tecnologia foram unânimes ao indicar a redução do custo de fabricação/prototipagem como resultado obtido após a implantação da impressora 3D, do mesmo modo, os indivíduos E4 e E5 apontaram esse fator como uma de suas expectativas em relação à tecnologia de manufatura aditiva.

- **Tempo de Produção**

Corroborando com os autores Janssen et al. (2014) e Souza e Ulbrich (2013), os participantes E1, E2 e E3 relataram que, após a implementação da tecnologia, as respectivas empresas conseguiram ganhar tempo no processo de fabricação e criação de protótipos, acelerando todo o processo produtivo.

Os executivos E4 e E5 apontaram que o tempo de produção é um dos fatores chaves para influenciar na decisão de implantar ou não a tecnologia, ambos relataram que acreditam que a impressora 3D pode reduzir o tempo de concepção de seus produtos de forma surpreendente, afetando integralmente o setor de operação e produção das empresas.

- **Desperdício de Matéria-prima**

Confirmando o que é enunciado pelos autores Souza e Ulbrich (2013), E1 e E3 afirmaram que, após a implementação da tecnologia, houve uma grande redução nos desperdícios de matéria-prima, visto que a impressora 3D é uma tecnologia de manufatura aditiva, isto é, imprime os objetos em camadas sucessivas.

O participante E2 não identificou a redução dos desperdícios de matéria-prima como um impacto, pois antes de utilizar a tecnologia, a empresa terceirizava o processo de fabricação dos gabaritos de pinagem. Por outro lado, os entrevistados E4 e E5 apontaram que têm grandes expectativas quanto à redução dos desperdícios.

- **Customização**

Os entrevistados E2 e E3 relataram que a impressão 3D possibilitou que as empresas personalizassem seus produtos pelo fato da tecnologia viabilizar a criação de peças com formatos complexos, bem como constatou Birtchnell et al. (2013). Por outro lado, E1 não citou esse aspecto como um benefício em sua empresa, entretanto, os participantes E4 e E5 explicaram que a possibilidade de customizar os produtos às necessidades de cada cliente é um fator de grande importância a ser considerado.

- **Estoque**

Em relação aos estoques, os profissionais E2 e E3 indicaram que, além de reduzir os custos de armazenagem do produto final, a tecnologia de impressão 3D possibilitou que as empresas atingissem o conceito de estoque zero, bem como explicam Gausemeier, Echterhoff e Wall (2013) e EY (2016).

O entrevistado E1 afirmou que a impressora não exerce impacto no seu estoque, já que é utilizada apenas para criar protótipos. Além disso, o executivo apontou para o fato de que, após a implantação da tecnologia, seu estoque de matéria-prima aumentou.

Por outro lado, os indivíduos E4 e E5 afirmaram que têm boas perspectivas quanto à gestão de seus estoques, ambos afirmam que a impressora 3D possibilitará que o custo de armazenagem de produto acabado diminua substancialmente, tendo em vista que o produto só será impresso a partir do momento em que houver demanda pelo mesmo.

- **Distribuição**

Assim como explica Kahn e Mohr (2015), os entrevistados E1, E2 e E3 foram unânimes ao afirmar que o prazo de entrega do produto final para o cliente diminuiu de maneira surpreendente, possibilitando que as empresas se destaquem diante de seus concorrentes. E4 e E5 relataram que têm grandes expectativas em relação à distribuição de seus produtos após a implantação da impressora 3D.

- **Flexibilidade**

No que diz respeito à flexibilidade do processo produtivo, os participantes tanto das empresas que já utilizam a tecnologia de impressão 3D quanto os que ainda pretendem implantá-la, indicaram que os benefícios identificados estão relacionados, principalmente, aos erros que podem ocorrer no processo de manufatura e à possibilidade de correção imediata das falhas, assegurada pela possibilidade de alterar o projeto diretamente no *software*.

- **Qualidade**

Apesar do fator qualidade não ter sido citado pelos autores no referencial teórico, o entrevistado E3 garantiu que, com a utilização da tecnologia de manufatura aditiva, a empresa passou a produzir peças de qualidade superior comparadas às que eram produzidas anteriormente.

Além disso, o executivo E4 apontou que, como a implantação da tecnologia, a empresa será capaz de fabricar um produto de qualidade superior por um menor custo. Os outros participantes indicaram que a qualidade de seus produtos continua a mesma em relação aos processos tradicionais de manufatura.

- **Inovação**

Quanto às mudanças que ocorreram nas empresas, enquanto E1 relatou que houveram mudanças moderadas em seus processos, E2 e E3 declararam que as mudanças foram mais profundas, caracterizando a tecnologia como uma inovação de caráter radical, enunciada por Tigre (2006). Os indivíduos E4 e E5 esperam mudanças profundas nos processos produtivos.

- **Conceitos**

Em relação ao primeiro objetivo específico, os entrevistados foram capazes de identificar grande parte dos conceitos discutidos no referencial teórico. Entretanto, não conseguiram reconhecer os conceitos de indústria 4.0 e economia colaborativa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo verificar os impactos que a impressora 3D pode exercer na área de operações. Por meio de uma pesquisa qualitativa exploratória, foram realizadas entrevistas em profundidade com gestores e executivos responsáveis pelos processos nos quais a tecnologia foi aplicada, e também com aqueles que ainda não utilizavam essa técnica de manufatura. Realizou-se, então, a análise dos dados coletados, tendo como base as premissas apresentadas no referencial teórico, desta forma, obteve-se a resposta para o problema de pesquisa.

Em relação ao objetivo específico que visou verificar o conhecimento por parte dos gestores sobre os conceitos tratados no referencial teórico, os resultados obtidos demonstraram o desconhecimento, por parte dos gestores, quanto aos conceitos de indústria 4.0 e economia colaborativa. Atestando que, apesar de conhecerem a tecnologia que estão utilizando, as

empresas não reconheceram o cenário em que a impressora 3D estava inserida. Além disso, esse fato demonstrou que as empresas tinham implantados novas tecnologias, entretanto não estavam atentas a como isso afetava a forma em que elas se relacionavam com seus parceiros.

Outro fator evidenciado pela pesquisa estava relacionado à aplicabilidade da tecnologia na área de operações. Tendo em vista que, a prototipagem se tratava de um processo que integrava a área de projetos, ao afirmarem que utilizavam a impressão 3D nesse processo, os entrevistados mostraram-se equivocados em relação ao setor em que a tecnologia vinha sendo utilizada.

A pesquisa revelou que a impressora 3D era uma inovação tecnológica de caráter radical, capaz de transformar profundamente a cadeia de valor, isto é, as atividades desempenhadas desde o fornecimento de matéria prima, desenvolvimento e produção até a etapa de distribuição do produto final.

O segundo e o terceiro objetivos específicos tiveram como propósito descrever os resultados alcançados pelos participantes da pesquisa após a implantação da impressora 3D e descrever as expectativas dos gestores que ainda não a utilizavam. O estudo revelou que a redução do custo e do tempo de fabricação foram os efeitos mais observados e esperados pelos representantes das empresas. Esses resultados acarretaram na redução dos estoques e do tempo de entrega do produto para o consumidor final, fatores que também foram apontados como expectativas daqueles que ainda não utilizavam a ferramenta.

Outro ponto citado pela maioria dos participantes da pesquisa referiu-se à flexibilidade da produção e à possibilidade de customização do objeto produzido. Segundo os gestores que já utilizavam a impressora 3D, a tecnologia possibilitava que a empresa se adaptasse às demandas do mercado e, desta forma, se sobressaia diante de seus concorrentes. Além disso, outro fator de destaque evidenciado pela apuração foi a redução dos desperdícios de matéria-prima na produção, resultado decorrente da técnica de manufatura aditiva.

A pesquisa mostrou um grande potencial da impressora 3D, que não foi abordado pelos autores no levantamento bibliográfico. Este potencial referiu-se à capacidade de produzir objetos com qualidade superior aos processos de manufatura tradicionais, fator apontado como resultado por um dos gestores entrevistados que já utilizava a tecnologia, e também citado por um dos participantes que pretendia implantá-la.

Outro resultado decorrente da técnica de manufatura aditiva que foi observado tanto por aqueles que já utilizavam quanto por aqueles que não utilizavam a ferramenta, foi a redução dos erros de produção e agilidade no processo de resolução de possíveis erros, já que a impressora permitia que os projetos fossem alterados imediatamente direto no *software* utilizado para projetar o objeto.

O estudo também mostrou que a implantação da impressora 3D ainda caminha a passos lentos, uma vez que as empresas ainda restringiam a sua utilização ao processo de prototipagem, enquanto outras vinham utilizando ou pretendiam utilizar apenas para a fabricação de moldes, processos que não aproveitavam o grande potencial da tecnologia nas operações.

Em suma, o levantamento e a análise dos dados revelaram que, apesar da heterogeneidade das atividades em que a tecnologia era aplicada, existiam muitas semelhanças entre os resultados obtidos pelas empresas que utilizavam a impressão 3D, fato que também ocorria em relação às expectativas das empresas que pretendiam implantá-la. Além disso, foi possível perceber que as perspectivas dos entrevistados em relação à ferramenta foram condizentes com os resultados alcançados por aqueles que já introduziram a tecnologia nas operações das empresas em que atuavam, corroborando com a pesquisa bibliográfica.

As limitações do estudo decorreram pela dificuldade em obter informações em relação às empresas que utilizavam e, principalmente, que pretendiam utilizar a tecnologia de impressão 3D, posto que grande parte das empresas alegavam que as informações eram confidenciais.

A elaboração desta pesquisa possibilitou uma análise de como a impressora 3D pode melhorar os processos que envolviam a área de operações, desde a compra de matéria-prima até a entrega do produto acabado para o cliente. Tendo em vista a relevância do tema tratado, sugere-se que sejam realizadas maiores pesquisas em torno da aplicação da tecnologia de impressão 3D no transporte internacional, já que essa tecnologia, de certa forma, transforma o produto em um arquivo digital que pode ser enviado pela internet. Além disso, sugere-se que sejam desenvolvidos estudos mais amplos em relação às principais tecnologias que fomentam a ascensão do conceito de indústria 4.0.

REFERÊNCIAS

- AMBROSE, Gavin. *Design thinking*. 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- ARNOLD, J.R. Tony. **Administração de materiais**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2012. 505 p.
- BALLESTERO-ALVAREZ, Maria Esmeralda. **Gestão da qualidade, produção e operações**. São Paulo: Atlas, 2010.
- BALLOU, Ronald H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 1993. 388 p.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011. 280 p.
- BESSANT, John.; TIDD, Joe. **Inovação e Empreendedorismo**. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- BIRTCHNELL, T. et al. *Freight miles: the impact of 3D printing on transport and society*, 2013. Disponível em: < http://eprints.lancs.ac.uk/66198/1/Freight_Miles_Report.pdf>. Acesso em: 24 Out. 2016.
- BOTSMAN, R. ROGERS, R. **O que é meu é seu: como o consumo colaborativo vai mudar o nosso mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- BOWERSOX, Donald J. et al. **Gestão logística de cadeias de suprimentos**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 455 p.
- BURGELMAN, Robert A., CHRISTENSEN, Clayton M., WHEELWRIGTH, Steven C. **Gestão estratégica da tecnologia e da inovação: Conceitos e soluções**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 628 p.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Planejamento e controle da produção**. 2 ed. São Paulo: Manole, 2008. 138 p.
- CHING, H. Y. **Gestão de estoques na cadeia logística integrada**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2001. 194p.
- CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. 4 ed. São Paulo: Pearson, 2011. 536 p.
- CORAL, Eliza; OGLIARI, Andre; ABREU, Aline F. de. **Gestão integrada da inovação: estratégia Gestão integrada da inovação: estratégia, organização e desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Atlas, 2009.
- CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2011. 690 p.
- _____; GIANESI, Irineu G. N. **Just in time, MPR II e OPT: um enfoque estratégico**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1996. 186 p.

- CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Desafios para Indústria 4.0 no Brasil**, 2016. Disponível em: <<http://www.pedbrasil.org.br/ped/artigos/079F8BA3E7E5281B.0%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em: 28 Out. 2016.
- DAVILA, Tony; EPSTEIN, Marc; SHELTON, Robert. **As regras da inovação: como gerenciar, como medir e como lucrar**. 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 2007. 336 p.
- DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2003. 598p.
- DELOITTE. *Disruptive manufacturing: The effects of 3D printing*, 2016. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ca/Documents/insights-and-issues/ca-en-insights-issues-disruptive-manufacturing.pdf>>. Acesso em: 24 Out. 2016.
- _____. *Industry 4.0: Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*, 2014. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/ch/en/pages/manufacturing/articles/manufacturing-study-industry-4.html>>. Acesso em: 28 Out. 2016.
- _____. *Industry 4.0: An Introduction*, 2015. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/be/Documents/Operations/2015_Industry%204%200%20Report%20vFinal.pdf>. Acesso em: 28 Out. 2016.
- DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de materiais: Uma bordagem logística**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2015. 545 p.
- EY – Ernst & Young. *How will 3D printing make your company the strongest link in the value chain? EY's Global 3D printing Report*, 2016. Disponível em: <<http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-global-3d-printing-report-2016-full-report/%24FILE/ey-global-3d-printing-report-2016-full-report.pdf>>. Acesso em: 24 Out 2016.
- FIGUEIREDO, P. N. **Gestão da Inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil**. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 340 p.
- FORD, Sharon. *Additive Manufacturing Technology: Potential Implications for U.S. Manufacturing Competitiveness. Journal of International Commerce and Economics*, 2014. Disponível em: <<http://www.usitc.gov/journals>>. Acesso em: 24 Out. 2016.
- FRANCISCHINI, Paulino G.; GURGEL, Floriano A. **Administração de materiais e do patrimônio**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 310 p.
- GANSKY, Lisa. *Mesh: porque o futuro dos negócios é compartilhar*. Rio de Janeiro: Alta Books, 2011.
- GAUSEMEIER, J.; ECHTERHOFF, N.; WALL, M. *Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing: Innovation Roadmapping of Required Advancements. Study for the Direct Manufacturing Research Center*. Paderborn, 2013. Disponível em: <https://dmrc.uni-paderborn.de/fileadmin/dmrc/Download/data/DMRC_Studien/DMRC_Study_Part_3.pdf>. Acesso em: 24 Out 2016.
- GIBSON, Ian; ROSEN, David W.; STUCKER, Brent. *Additive manufacturing technologies: rapid manufacturing to direct digital manufacturing*. New York: Springer, 2014. 484p.
- GRAY; CLIFFORD F.; LARSON, E.W. **Gerenciamento de projetos: o processo gerencial**. 6 ed. Porto Alegre: AMGH, 2016, 592 p.

- HARMON, R. L.; PETERSON, L. D. **Reinventando a fábrica: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática**. Rio de Janeiro: Campus, 1991.
- JANSSEN, G.R. et al. *TNO: The impact of 3-D printing on supply chain management*, 2014. Disponível em: < <http://3din.nl/wp-content/uploads/2014/02/TNO-Whitepaper-3-D-Printing-and-Supply-Chain-Management-April-2014-web.pdf>>. Acesso em: 07 Out. 2016.
- KERZNER, Harold. **Gestão de projetos: as melhores práticas**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. viii, 821 p.
- KHAN, Omera; MOHR, Sebastian. *3D Printing and Supply Chains of the Future*, 2015. Disponível em: <<https://hicl.org/publications/2015/20/147.pdf>>. Acesso em: 24 Out. 2016
- KRAJEWSKI, Lee; RITZMAN, Larry; MALHOTRA, Manoj. **Administração de produção e operações**. 8 ed. São Paulo: Pearson, 2010. 615 p.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina Andrade. **Metodologia científica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2011. 314 p.
- MARTINS, Petrônio G.; ALT, Paulo Renato C. **Administração de materiais e recursos patrimoniais**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2011. 441 p.
- MCKINSEY – McKinsey&Company. *Industry 4.0: How to navigate digitization of the manufacturing sector*, 2015. Disponível em: <https://www.mckinsey.de/files/mck_industry_40_report.pdf>. Acesso em: 28 Out. 2016
- _____ – McKinsey&Company. *Industry 4.0 at McKinsey's model factories: Get ready for the disruptive wave*, 2016. Disponível em: < <https://operations-excellence.mckinsey.com/files/downloads/2016/digital40modelfactoriesbrochure1.pdf>>. Acesso em: 28 Out. 2016
- MOREIRA, Daniel A. **Administração da Produção e Operações**. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- MOURA, Reinaldo A.; BANZATO, José M. **Jeito Inteligente de Trabalhar: Just-in-Time: a reengenharia dos processos de fabricação**. 1 ed. São Paulo: IMAM, 1994.
- NOGUEIRA, Amarildo de S. **Logística empresarial: uma visão local com pensamento globalizado**. São Paulo: Atlas, 2012. 206 p.
- OCDE - Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Manual de Oslo: Diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre Inovação**. FINEP, 2007. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/manualoslo.pdf>>. Acesso em: 18 Set 2016.
- OWYANG, J.; SAMUEL, A. **The new rules of the collaborative economy: the threat to traditional companies can't be ignored**. A tactical report on how to survive and win. Report Vision Critical. Disponível em: Acesso em: 01 Out 2016.
- PAIVA, E. L.; CARVALHO JUNIOR, J. M.; FENSTERSEIFER, J. E. **Estratégia de produção e de operações: conceitos, melhores práticas, visão de futuro**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 253 p.
- PIRES, S. R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos: conceitos, estratégias, práticas e casos**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- PMBOK, Guia. **Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos**. 5 ed. São Paulo: Saraiva, 2014.

PWC – PriceWaterhouseCoopers. *3D Printing comes of age in US industrial manufacturing*, 2016. Disponível em: <<http://www.pwc.com/us/en/industrial-products/publications/assets/pwc-next-manufacturing-3d-printing-comes-of-age.pdf>>. Acesso em: 24 Out 2016.

_____. **Indústria 4.0:** Digitalização como vantagem competitiva no Brasil, 2016. Disponível em: <<https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/servicos/assets/consultoria-negocios/2016/pwc-industry-4-survey-16.pdf>>. Acesso em 28 Out 2016.

_____. *The sharing economy: consumer intelligence series*, 2015. Disponível em: <<http://www.pwc.com/us/en/industry/entertainment-media/publications/consumer-intelligence-series/assets/pwc-cis-sharing-economy.pdf>>. Acesso em 01 Out 2016.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social:** métodos e técnicas. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2008. 334 p.

RIFKIN, J. **Sociedade Com Custo Marginal Zero:** A internet das coisas, os bens comuns colaborativos e o eclipse do capitalismo. São Paulo: M.Books, 2015. 400 p.

RLA - REVISTA LATINO-AMERICANA DE ADMINISTRACIÓN. **Administración de Operaciones.** Bogotá, 2005. Disponível em: <<http://conocimiento.incae.edu/~ogliaste/rla%2034.pdf>>. Acesso em: 02 Out. 2016.

SCHUMPETER, J.A. **A teoria do desenvolvimento econômico.** São Paulo: Nova Cultural, 1988.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial.** 1 ed. São Paulo: Edipro, 2016. 159 p.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Princípios de administração da produção.** 1 ed. São Paulo: Atlas, 2013. 307 p.

_____; _____; _____; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 2015. 685 p.

SOUZA, A. F. e ULBRICH, C. B. L. **Engenharia Integrada por Computador e Sistemas CAD/CAM/CNC:** Princípios e Aplicações. 2 ed. São Paulo: Artliber, 2013. 358 p.

SPRAGUE, L. *Evolution of the field of operations management. Journal of Operations Management*, v. 25, p. 219-238, 2007.

STEVENSON, William J.; FRANKEL, Roger D. **Administração das operações de produção.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

STOKES, K.; CLARENCE, E., ANDERSON, L., RINNE, A. *Making sense of the UK Collaborative Economy.* 2014. Nesta Collaborative Lab, 48 p. Disponível em:<https://www.nesta.org.uk/sites/default/files/making_sense_of_the_uk_collaborative_economy_14.pdf> Acesso em 01 Out 2016.

TÁLAMO, J. R. **A inovação tecnológica como ferramenta estratégica.** Revista Pesquisa & Tecnologia FEI, n. 23, p. 26-33, 2002.

TIDD, Joe; BESSANT, John; PAVITT, Keith. **Gestão da inovação.** 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 600 p.

TIGRE, Paulo Bastos. **Gestão da inovação:** a economia da tecnologia do Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 282 p

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção.** 2 ed. São Paulo: Atlas, 2000. 220 p.

VALERIANO, Dalton L. **Gerenciamento estratégico e administração por projetos**. São Paulo: Makron Books, 2008. 295 p.

VARGAS, Ricardo Viana. **Gerenciamento de Projetos: estabelecendo diferenciais competitivos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2000. 238 p.

VOLPATO, N. **Prototipagem Rápida: Tecnologias e Aplicações**. 1 ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007. 272 p.

WANKE, Peter F. **Gerência de operações: uma abordagem logística**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2010. 179 p.

WANKE, Peter F. **Gestão de estoques na cadeia de suprimento: decisões e modelos quantitativos**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2011. 367 p.

WOHLERS – Wohlers Associates. **3D printing and additive manufacturing state of the industry**, 2016. Disponível em: <<https://wohlersassociates.com/state-of-the-industry-reports.html>>. Acesso em: 13 Out 2016.

ZACCARELLI, Sérgio Baptista. **Programação e Controle da Produção**. 8 ed. São Paulo: Pioneira, 1987. 292 p.

APÊNDICE A – Matriz de Amarração

Objetivo	Pergunta	Autores
Descrever os resultados alcançados por gestores e executivos da área de operações após a implantação da Impressora 3D	Em que processos a Impressão 3D poderia ser/foi aplicada?	Wohlers (2016), Janssen et al. (2014), Volpato (2007), Gibson, Rosen e Stucker (2014), Ford (2014), Souza e Ulbrich (2013), Schwab (2016), Birtchnell et al. (2013), Gausemeier; Echterhoff e Wall (2013).
	Nestes processos, que resultados seriam esperados/foram alcançados?	Wohlers (2016), Janssen et al. (2014), Volpato (2007), Gibson, Rosen e Stucker (2014), Ford (2014), Souza e Ulbrich (2013), Schwab (2016), Birtchnell et al. (2013), Gausemeier; Echterhoff e Wall (2013).
Descrever as expectativas de gestores e executivos da área de operações em relação a Impressora 3D	A tecnologia de Impressão 3D mudaria/mudou a forma que a sua empresa se relaciona com outras?	Owyang e Samuel (2015), Stokes et al. (2014), Rifkin (2015), Pwc (2015), Schwab (2016), Gansky (2011), Botsman e Rogers (2010).
	A implantação da Impressora 3D mudaria/mudou algo no Planejamento e Controle da sua produção?	Tubino (2000), Zacarelli (1987), Chiavenato (2008).
	A adoção da Impressão 3D traria/trouxe mudanças moderadas ou mais profundas em seus processos/modelo de negócio/produto?	Schumpeter (1988), Tigre (2006), Davila, Epstein e Shelton (2007), Slack, Brandon-Jones e Johnston (2015), Coral, Ogliari e Abreu (2009)
	Com a implantação da Impressora 3D, o que mudaria/mudou na forma em que sua empresa entrega os produtos para os clientes?	Dias (2015), Ballou (1993), Martins e Alt (2011), Arnold (2012), Nogueira (2012), Chopra e Meindl (2011), Ching (2001).
	Em relação aos processos de manufatura tradicionais, quais benefícios você acredita que a Impressora 3D traria/ trouxe para sua empresa?	Wohlers (2016), Janssen et al. (2014), Volpato (2007), Gibson, Rosen e Stucker (2014), Ford (2014), Souza e Ulbrich (2013), Schwab (2016), Birtchnell et al. (2013), Gausemeier; Echterhoff e Wall (2013).
	Que mudanças são/eram esperadas na sua empresa com o aumento do grau de automação dos processos?	Schwab (2016), Deloitte (2015), CNI (2016), McKinsey (2016), Pwc (2016).
	Quais impactos você acredita que poderiam ser/ foram observados na gestão de estoques com a adoção da Impressora 3D?	Wanke (2011), Martins e Alt (2011), Slack, Brandon-Jones e Johnston (2015), Arnold (2012), Bowersox et al. (2014).
	Quais mudanças você encheria que a implantação da Impressão 3D traria/trouxe em relação ao tempo de setup (preparação de máquina)?	Corrêa e Gianesi (1996), Slack, Chambers e Johnston (2009), Krajewski, Ritzman e Malhotra (2010).
Verificar o conhecimento por parte dos gestores sobre os conceitos de Gestão de Operações, Gestão de Estoques, Gestão da Inovação, Distribuição, Just in Time, Economia Colaborativa, Indústria 4.0 e Manufatura Aditiva		

LISTA DE ABREVIATURAS

3D	Tridimensional
CAD	<i>Computer-aided design</i>
EC	Economia Colaborativa
GO	Gestão de Operações
JIT	<i>Just in Time</i>
MA	Manufatura Aditiva
PCP	Planejamento e Controle de Produção
RLA	Revista Latino-americana de Administración
IoT	<i>Internet of Things</i>