

# SUPPLY CHAIN MANAGEMENT 4.0: UMA PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS EMERGENTES

**Wilson Hilsdorf**

wicastro@fei.edu.br

**Jobel Santos Correa**

jobel.correa@gmail.com

*“O conceito de Supply Chain Management 4.0 (SCM 4.0) funciona em estreita colaboração com o conceito da Indústria 4.0. Enquanto a Indústria 4.0 promete uma mudança disruptiva na forma como as fábricas funcionam, o SCM 4.0 afetará toda a cadeia de abastecimento tradicional, forçando-a a se tornar uma cadeia de abastecimento digital para continuar competitiva. Uma nova revolução baseada em tecnologias como Internet das Coisas (IoT, Internet of Things), Big Data, Data Mining, algoritmos preditivos, sistemas ciber-físicos e inteligência artificial está em andamento.*

*Palavras-chave: Supply Chain 4.0, Cadeia de suprimentos digital, Industria 4.0, SCOR*



## 1. Introdução

A evolução das cadeias de suprimentos tradicionais em cadeias de suprimentos digitais impõe um grau sem precedentes de complexidade e integração. Todos os dados gerados dentro e fora das cadeias de fornecimento devem estar disponíveis para todos os atores dessas cadeias. As tecnologias emergentes de hoje serão usadas para capturar, processar, armazenar e compartilhar dados entre diferentes atores e suas organizações em tempo real. Redes inteiras podem ser reorganizadas em um curto espaço de tempo para atender novas demandas por quantidade, preço, produtos e serviços (DELIPINAR e KOCAOGLU, 2016). Portanto, é importante entender como as tecnologias necessárias para a operação das cadeias de suprimentos digitais (SCM 4.0) podem ser usadas ao longo do processo da cadeia de suprimentos. Devido a esse alto grau de complexidade de implementação, uma estrutura conceitual que detalha níveis de gerenciamento, processos de negócios, métricas de desempenho, práticas e habilidades de pessoas em uma estrutura unificada é primordial (ZANGOUEIMEZHAD et al., 2011).

Nas últimas décadas, as associações de *Supply Chain Management* criaram várias estruturas conceituais, em particular o GSCF (Fórum Global da Cadeia de Suprimentos) desenvolvido pelo consórcio de mesmo nome. O *Value Reference Model* (VRM) desenvolvido pelo *Value Chain Group*, o *Process Classification Framework* (PCM) desenvolvido pelo Centro de Produtividade e Qualidade Americano (APQC) e a Análise de Ciclo de Vida mantida pelo Centro Americano de Avaliação do Ciclo de Vida (ACLCA) são outros exemplos (NTABE et al., 2015).

No entanto, o modelo SCOR (*Supply Chain Operations Reference*) é considerado por muitos estudiosos o padrão "de fato" empregado na academia e o principal modelo na arena global de *Supply Chain Management* (HWANG et al., 2010; ZANGOUEIMEZHAD et al., 2011; KERSTEN e SAEED, 2014). Além disso, o modelo SCOR é o mais adequado para a tomada de decisões estratégicas e o mais rigoroso para a avaliação do desempenho da cadeia de suprimentos (GEORGISE et al., 2017).

O objetivo deste artigo é propor um *framework* para facilitar a compreensão de como novas tecnologias emergentes podem ser incorporadas nos processos da cadeia de suprimentos para melhorar sua integração e eficiência. O modelo SCOR no nível estratégico (nível 1) e no nível

tático (nível 2) foi usado para representar a cadeia de suprimentos.

## 2. Revisão da literatura

### 2.1. A cadeia de suprimentos

Segundo Ballou (2006), nos últimos anos a distribuição física de produtos, logística de negócios e, por fim, o gerenciamento de cadeia de suprimentos passaram de atividades gerenciadas individualmente para um conjunto integrado de processos gerenciados em múltiplos níveis. A Gestão da Cadeia de Suprimentos engloba o planejamento e gerenciamento de todas as atividades envolvidas na aquisição, conversão e distribuição. Inclui a coordenação e colaboração com parceiros de canal, fornecedores, intermediários, provedores de serviços terceirizados e clientes. Em essência, o *Supply Chain Management* integra o gerenciamento de oferta e demanda dentro e entre empresas.

Segundo Dress (2017), a produção individualizada (ou personalizada) em massa será viabilizada por processos industriais altamente flexíveis. As variantes do produto na linha de produção são informadas através de componentes eletrônicos que fornecem seus próprios dados de produção para máquinas inteligentes, que trocam informações entre si e controlam processos de produção e logística por si só, utilizando processos autônomos de tomada de decisão baseados em *big data*, *data mining*, algoritmos preditivos e inteligência artificial.

A cadeia de abastecimento digital (SCM 4.0) permitirá reduzir drasticamente o tempo de entrega de produtos pelo uso de algoritmos avançados de predição, tornando as empresas mais ágeis. Os chamados Sistemas Ciber-Físicos (CPS, *Cyber-Physical Systems*) permitem aglutinar dados oriundos de ERP (*Enterprise Resource Planning*), consolidando informações de oferta e demanda com índices de mercado, situação de ruas e estradas, previsão do tempo (clima), aspectos legais e governamentais, redes sociais, entre outros. Em um futuro próximo presenciaremos o surgimento de “remessas preditivas”: produtos são enviados antes que o

cliente faça o pedido, baseado em seu histórico de comportamento de compras, postagens em redes sociais e outras variáveis de personalização (STICH et al., 2015).

O planejamento em tempo real do *Supply Chain 4.0* permitirá que as empresas reajam às mudanças na demanda e/ou na oferta com mais flexibilidade. O planejamento tornar-se-á um processo contínuo, reagindo dinamicamente a novos requisitos ou limitações, como por exemplo, o *feedback* em tempo real da capacidade de produção das máquinas via dispositivos Internet das Coisas (IoT). Mesmo após os produtos serem enviados, os processos de entrega ágeis permitirão aos clientes redirecionarem as remessas para o local que lhes for mais conveniente. A flexibilização da capacidade de transporte será possível pelo compartilhamento de fretes (*freight sharing*). Nesta modalidade, transportadoras compartilham seus dados umas com as outras, informando a capacidade de seus ativos (caminhões, por exemplo), seus destinos e seus valores de frete. Assim, podem compartilhar ativos com capacidade ociosa melhorando a cubagem da carga no transporte terrestre, diminuindo o desperdício e otimizando o fluxo rodoviário, já que menos caminhões necessitarão trafegar para entregar os pedidos (KNUT, REXHAUSEN e SEVFERT, 2017).

Com clientes buscando cada vez mais individualização (customização) nos produtos que adquirem, a cadeia de suprimentos precisa administrar a demanda por estes produtos em um nível "granular", isto é, utilizar técnicas de microsegmentação de mercado. A microsegmentação permite identificar grupos de compradores que procuram o mesmo conjunto de atributos, segundo os critérios geográficos, demográficos e comportamentais, entre outros. A entrega de bens também será contemplada com inovações como a entrega por meio de veículos autônomos, principalmente carros e drones, gerenciando assim de forma mais eficiente a "última milha". As próximas gerações de sistemas de gestão irão oferecer transparência de ponta-a-ponta, em tempo real, em toda a cadeia de suprimentos.

A integração de dados em uma "nuvem" da cadeia de suprimentos garantirá que todos os *stakeholders* envolvidos se orientem e tomem decisões com base nos mesmos fatos (STICH et al., 2015).

Embora já existentes, em diferentes etapas de maturidade, tecnologias emergentes como *big data*, *data mining* e inteligência artificial, entre outras, precisam ter seu potencial melhor compreendido para compor o cenário prometido pelo SCM 4.0. As principais tecnologias associadas ao SCM 4.0 são mostradas na tabela 1.

Tabela 1 – Principais Tecnologias Emergentes Associadas à Cadeia de Abastecimento Digital (SCM 4.0)

| Tecnologia                   | Descrição  | Benefícios  |
|------------------------------|--|---|
| Data Analytics               | A combinação das tecnologias de Big Data (armazenamento de grandes quantidades de dados ordenados ou não) e Data Mining (algoritmos de extração de padrões e comportamentos) geram a tecnologia conhecida como Analytics. Esta tecnologia permite analisar grandes quantidades em tempo real.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Informação: Clientes podem ser informados sobre a disponibilidade, com base em dados de fabricação;</li> <li>2. Análises operacionais: Transportadoras podem analisar o clima, as características do motorista, a hora de entrega;</li> <li>3. Dados: Os varejistas podem prever e entender o comportamento do cliente com base nos dados e no uso de dispositivos móveis.</li> </ol> |
| 3D Printing                  | A impressão 3D, também chamada de “manufatura aditiva” envolve a fabricação de produtos através do uso de impressoras que permitem a construção de produtos pelo método de adição de materiais camada sobre camada. Já é utilizada para impressão de implantes médicos, joalheria, itens de vestimenta customizáveis, peças de automóveis, peças protótipos, entre outros.   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reduz drasticamente o tempo de entrega;</li> <li>2. Reduz o requisito de espaço de armazenamento;</li> <li>3. Reduz a obsolescência e excedentes de estoque;</li> <li>4. Prototipagem e amostras podem ser criadas rapidamente;</li> <li>5. Melhora a personalização da cadeia de suprimentos.</li> </ol>   |
| Internet of Things (IoT)     | A Internet das Coisas (IoT) é uma rede de objetos físicos que detectam, coletam, interagem e se comunicam autonomamente com a Internet. Na fabricação, as redes de sensores conectadas monitoram movimentos de máquinas e logística ajudando organizações a reduzir custos através de operações mais eficientes.   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Coleta automática de dados ao longo do tempo;</li> <li>2. Combinam dados obtidos na empresa e em dispositivos móveis de tempo, de situação de estradas, de condições de trânsito, etc.</li> </ol>   |
| Cloud (Computação em Nuvem)  | A computação em nuvem pode ajudar a cadeia de suprimentos a se tornar mais resiliente. Novas tecnologias permitem que as empresas transformem suas cadeias de suprimentos em estratégias operacionais de negócios de ponta-a-ponta. A nuvem conectada permite a colaboração em tempo real. A aplicação baseada em nuvem pode tornar a cadeia de suprimentos mais conectada, Inteligente e rápida.                              | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Capacidade preditiva: A nuvem, ao armazenar dados, pode prever rupturas e outros problemas em tempo real;</li> <li>2. Última milha: Reutilização de recursos e otimização de rotas de suprimentos atendam sempre às mudanças de demanda;</li> <li>3. Flexibilidade organizacional: Dados conectados permitem decisões em tempo real.</li> </ol>                                       |
| Artificial Intelligence (AI) | Inteligência artificial são algoritmos computacionais capazes de imitar, aprender e substituir a inteligência humana. Mostram grande promessa na melhoria dos processos de tomada de decisão humana e na produtividade subsequente em vários empreendimentos empresariais devido à sua capacidade de reconhecer padrões de negócios, aprender fenômenos de negócios, buscar informações e analisar dados de forma inteligente. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analisa dados de geolocalização em tempo real;</li> <li>2. Verifica dados enviados pelos dispositivos móveis em condições de ruas e estradas e inclusive rotas de entrega;</li> <li>3. Pode guiar veículos autônomos e drones.</li> </ol>   |

| Tecnologia                    | Descrição  | Benefícios  |
|-------------------------------|--|---|
| CPS<br>(Sistema Ciber-físico) | Um CPS é um sistema constituído por elementos computacionais colaborativos com o intuito de controlar entidades físicas. Pode ser considerado como a evolução dos atuais sistemas embarcados. São baseados em algoritmos de inteligência artificial que enfatizam o papel das ligações entre os elementos computacionais e elementos físicos. Requerem integração de máquinas, aplicativos, softwares, sistemas e infraestrutura aliados a interação homem-máquina (HMI, Human Machine Interface). | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Utiliza técnicas e tecnologias de big data e análise de dados para a previsão e descoberta de padrões nos dados informacionais, melhorando o processo de tomada de decisão em tempo real.</li> <li>2. Às análises fornecidas pelo CPS, somam-se processos logísticos e processos legais. Essas informações são acessadas por colaboradores e clientes, melhorando a informação via sistemas biométricos de autenticação de senhas.</li> </ol> |
| Robotics                      | Cadeias de suprimentos e robótica possuem uma relação natural. Muitas tarefas vitais são simples e monótonas. O movimento de produtos de uma área de um armazém para outro, por exemplo, é algo que precisa ser feito, mas não é a própria essência do trabalho. Isso requer pouca habilidade e não estimula mentalmente a maioria das pessoas. Além disso, gera um alto custo de mão-de-obra e, geralmente, um alto turn-over de pessoal.   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Carga e descarga autônoma: robôs e veículos autônomos em rodoviários com paletes ou outras cargas.</li> <li>2. Empilhadeira autônoma: sistema de manipulação de cargas guiados por laser (LGVs), máquinas de empilhadeira e sistema autônomo de controle de paletes;</li> <li>3. Sistemas automatizados de armazenagem e distribuição de produtos em armazéns acessando qualquer ponto de armazenamento.</li> </ol>                           |
| Autonomous Vehicles           | Veículos autônomos (também chamados de veículos autogeridos, veículos robóticos ou veículos não tripulados) são veículos capazes de detectar o ambiente ao seu redor e navegar sem intervenção humana. Sistemas de controle avançados (como radar, luz laser, GPS, odometria e visão computadorizada) interpretam informações sensoriais para identificar caminhos de navegação apropriados, bem como obstáculos e sinalização relevante.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Segurança: Sensores em veículos autônomos detectam obstáculos se aproximando e podem parar automaticamente para evitar colisões potenciais, os veículos autônomos.</li> <li>2. Redução de custos: Os caminhões autônomos podem viajar longe sem parar por intervalos. Os prazos de entrega são reduzidos permitindo construir armazéns em locais remotos.</li> </ol>  |
| Drones                        | Um drone, em um contexto tecnológico, é um avião não tripulado. Os drones são formalmente conhecidos como veículos aéreos não tripulados (UAVs). Essencialmente, um drone é um robô voador. As aeronaves podem ser controladas remotamente ou podem voar de forma autônoma através de planos de voo controlados por inteligência artificial.   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. O primeiro lugar que os drones podem ser usados começa: nas matérias-primas. Os drones são usados na mineração, como a prospecção, ou no mapeamento de condições de solo e rendimento.</li> <li>2. Última milha: Drones podem ser usados para a entrega de carga.</li> </ol>  |
| Biometrics                    | A biometria é utilizada para reconhecer pessoas com base em suas características físicas. A identificação biométrica aumenta o nível de proteção de sistemas computadorizados, instalações físicas, fronteiras, entre outros, autorizando ou não a passagem de usuários e assim diminuindo o risco de fraude.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Confirmação de identidade: cada motorista recebe uma carga específica, maximizando a segurança.</li> <li>2. Controle de acesso: concessão de acesso a áreas de transporte e sistemas de tecnologia da informação.</li> <li>3. Manifesto eletrônico: confirmação de que os caminhões transportam ou recebem carga.</li> </ol>  |

Fonte: Adaptado de Ahmed (2016), Wang (2016) e Drees (2017)

## 2.2. O modelo de referência de operações da cadeia de suprimentos

O modelo de Referência de Operações de Cadeia de Suprimentos (SCOR, *Supply Chain Operations Reference*) foi desenvolvido pelo *Supply Chain Council, Inc.* (SCC) em 1996. Hoje pertencente à *American Production and Inventory Control Society* (APICS). O SCOR é um modelo de SCPM (*Supply Chain Performance Measurement*) orientado a processos e projetado especialmente para modelar cadeias de abastecimentos e é a única estrutura multifuncional integrada que vincula processos de negócios, métricas de desempenho, requisitos de software e tecnologia e melhores práticas (DWEKAT, HWANG e PARK, 2017). O modelo SCOR maximiza a visibilidade da cadeia de suprimentos quando a estratégia da cadeia está alinhada aos pressupostos descritos no modelo, permitindo um mensurável aumento de eficiência em todos os atores envolvidos na cadeia de suprimentos (NTABE, MUNSON e SANTA-EULALIA, 2015).

Figura 1 – O Escopo do Modelo SCOR (The Supply Chain Operations Reference)



Fonte: Supply Chain Operations Reference (SCOR) Versão 11 (APICS)

O modelo SCOR em sua versão 11 consiste em seis (6) processos distintos, sendo que cada processo é aplicado em cada um dos elos da cadeia de abastecimento (figura 1). São eles:

P<sub>1</sub>: *Plan* (Planejamento): Analisa a cadeia de suprimentos, desde as necessidades dos clientes, passando por compras até à produção e entrega dos produtos.

P<sub>2</sub>: *Source* (Abastecimento): Cuida de compras de matérias-primas ou de componentes prontos que serão usados em outras operações de manufatura.

P<sub>3</sub>: *Make* (Produção ou Manufatura): Lida com os assuntos inerentes à manufatura do

produto.

P<sub>4</sub>: *Deliver* (Distribuição): Analisa a gestão do abastecimento, pedidos e armazenamento. É o maior dos seis (6) processos e vai dos canais de distribuição até ao cliente final.

P<sub>5</sub>: *Return* (Devolução ou Reverso): Analisa a devolução de produtos em toda a cadeia (logística reversa) e o retorno de materiais ao longo da mesma.

P<sub>6</sub>: *Enable*: Estes processos descrevem o gerenciamento da cadeia de suprimentos incluindo: gerenciamento de regras de negócios, gerenciamento de desempenho, gerenciamento de dados, gerenciamento de recursos, gerenciamento de instalações, gerenciamento de contratos, gerenciamento de rede da cadeia de suprimentos, gerenciamento de conformidade regulatória e gerenciamento de riscos.

Estes seis (6) processos compõem o nível estratégico (nível 1) do modelo SCOR. Cada um dos seis (6) processos do modelo SCOR é desmembrado em uma série de categorias de processo que são relacionadas à produtos com características “*Stocked*”, “*Make-to-Order*” ou “*Engineer-to-Order*”. As categorias oriundas destes processos são consideradas o nível tático (nível 2) do modelo SCOR (WANG, CHAN e PAULEEN, 2010). Em especial, interessa à integração proposta neste artigo o desmembramento dos processos P<sub>2</sub>: *Source*, P<sub>3</sub>: *Make* e P<sub>4</sub>: *Deliver*.

### **3. Framework proposto para a cadeia de suprimentos 4.0**

Segundo Fayad e Schmidt (1997) um *framework* pode ser definido como uma estrutura conceitual destinada a servir de suporte ou guia para a construção de algo real. Um *framework* é um conjunto de conceitos usados para resolver um problema de um domínio específico ou expor uma ideia. O objetivo deste artigo é propor um *framework* para facilitar a compreensão de como novas tecnologias emergentes podem ser incorporadas nos processos da cadeia de suprimentos para melhorar sua integração e eficiência. Decisões administrativas podem ser classificadas em três categorias: (1) estratégica, (2) tática e (3) operacional (SCHMIDT, WILHELM, 2010). No campo do *Supply Chain Management*, decisões estratégicas geralmente definem um conjunto de locais onde instalações devem estar localizadas, quais tecnologias de produção serão empregadas em cada instalação e a qual sua capacidade. As decisões estratégicas ainda determinam o *design* da rede de distribuição na qual a produção, montagem e distribuição seguirão até chegar ao consumidor final, definindo, desse modo, o ambiente em que os níveis táticos e operacionais devem ser realizados (WANG, CHAN e PAULEEN, 2010). Decisões táticas prescrevem políticas de gerenciamento de fluxo de

materiais, incluindo os números de produção em todas as plantas, política de montagem, níveis de estoques e tamanhos de lotes. Um exemplo de decisão tática é, por exemplo, se os produtos acabados devem ser montados em grandes lotes e armazenados em armazéns centralizados, cada um distribuindo para uma região geográfica ou se a montagem final deve ser feita em vários locais com menor capacidade apenas sob demanda. A política de montagem afeta o nível de atendimento ao cliente durante o tempo necessário para atender a demanda (SCHMIDT, WILHELM, 2010).

Por fim, decisões operacionais se concentram em planejar as operações diárias para garantir a entrega dos produtos finais aos clientes dentro do prazo, coordenando a rede logística para atender às demandas dos clientes. O nível operacional é limitado por decisões realizadas no nível tático, que, por exemplo, podem posicionar os estoques em antecipação à demanda prevista (DELIPINAR, KOCAOGLU, 2016). A figura 2 mostra o *framework* sugerido para integrar as tecnologias emergentes do SCM 4.0 aos níveis estratégico e tático do modelo SCOR. O nível estratégico (nível 1) representado pelos processos e o nível tático (nível 2) representado pelas categorias de processos existentes dentro de cada processo. De forma a exemplificar como as tecnologias emergentes necessárias à cadeia de abastecimento digital irão se integrar ao modelo SCOR, o *framework* proposto inclui três (3) componentes (elos) existentes em uma cadeia de suprimentos genérica, a saber: C<sub>1</sub>: *Supplier* (Fornecedor); C<sub>2</sub>: *Manufacturing* (Fabricante); e C<sub>3</sub>: *Retailer* (Varejista).

A tabela 2 detalha as tecnologias emergentes que podem ser utilizadas em cada categoria de processo no elo “*Manufacturing*” da cadeia de suprimentos.

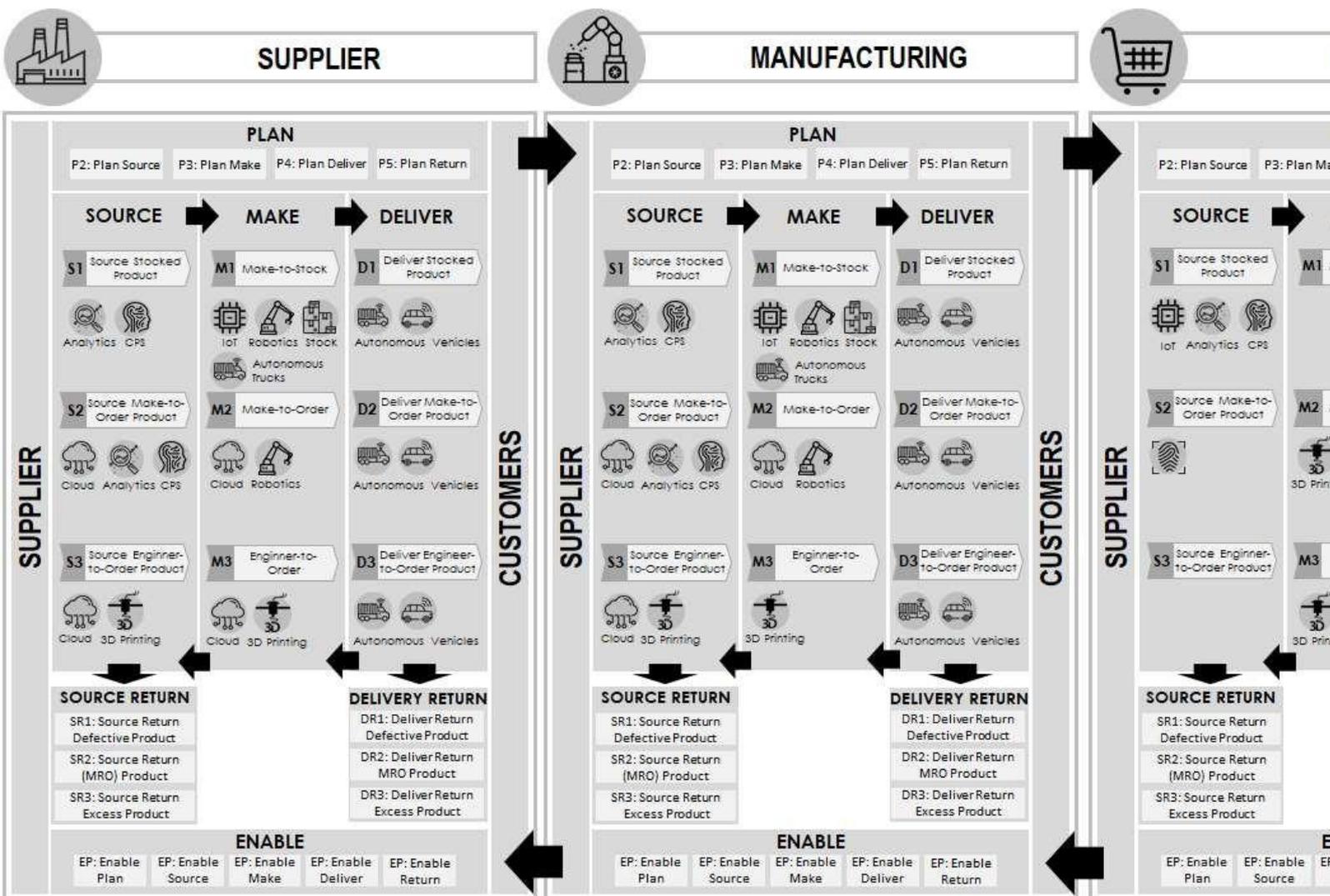


Figura 2 – Framework proposto para as tecnologias emergentes na cadeia de suprimentos 4.0

Fonte: Autores

Tabela 2 – Componente C<sub>2</sub> - Manufacturing

| P <sub>2</sub> .SOURCE   |  |
|--|--|
| P <sub>2</sub> .S <sub>1</sub> .Source Stocked Product   |  |
| A categoria de processo de encomenda, recebimento e transferência de itens de matérias-primas, subconjuntos, produtos e/ou serviços com base em requisitos agregados de demanda. |  |
| Tecnologias  | Descrição  |
| IoT<br>Analytics<br>CPS  | Dados sobre a demanda e a produção de bens acabados destinados a estoque são recolhidos e analisados por algoritmos de Big Data e Data Mining. Estes sistemas, em conjunto, são chamados de Analytics. São responsáveis por analisam grandes bancos de dados (por exemplo, de redes varejistas presentes na cadeia de suprimentos) e gerar um baseline que é analisado, na sequência, pelo CPS (Sistema Ciberfísico). Os algoritmos de inteligência artificial presentes neste sistema realizam de forma autônoma a encomenda (pedidos) de matérias-primas necessárias a produção posterior de bens acabados para estoque. |

| P <sub>2</sub> .S <sub>2</sub> .Source Make-to-Order Product  |  |
|---|--|
| A categoria de processos de pedidos e recebimentos de produtos ou materiais solicitados por um pedido específico de um cliente. |  |
| Tecnologias   | Descrição  |
| Cloud<br>Analytics<br>CPS   | Os pedidos dos clientes transitam por diversas plataformas. Podem ser enviados via Internet pelo do website da empresa, por marketplaces digitais, por aplicativos dedicados ou autonomamente pelo CPS. Estes são armazenados em um servidor de dados situado na “nuvem”. Os pedidos são então triados e enviados para análise na fase Analytics os algoritmos de inteligência artificial presentes neste sistema realizam de forma autônoma a encomenda (pedidos) de matérias-primas necessárias a produção posterior dos produtos solicitados sob encomenda. |

| P <sub>2</sub> .S <sub>3</sub> .Source Engineer-to-Order Product   |  |
|--|--|
| A categoria de processos de identificação e seleção de fontes de fornecimento para produtos construídos com base em requisitos de um pedido específico do cliente. |  |
| Tecnologias  | Descrição  |
| Cloud<br>3D Printing   | Pedidos dos clientes para produtos especiais ou protótipos são recebidos por dispositivos ligados à nuvem da empresa. Empresas que atendem a categoria Source Enginner-to-Order Product podem utilizar da tecnologia de impressão 3D para atender seus clientes. Pedidos são recebidos pelo sistema de nuvem (cloud) da empresa e, após processados, podem ser enviados para dispositivos de impressão 3D que irão fabricar o produto solicitado segundo as especificações constantes em arquivos digitais do tipo AMF (Additive Manufacturing File) ou STL (Stereolithography). |

| P <sub>3</sub> .MAKE  |   |
|---|---|
| P <sub>3</sub> .M <sub>1</sub> .Make-to-Stock   |   |
| É a categoria de processo que cuida da manufatura de produtos padrão para estoque. A manufatura destes produtos independe de um pedido de cliente e geralmente são produzidos segundo um cronograma planejado de acordo com uma previsão de vendas. |   |
| Tecnologias   | Descrição   |
| IoT<br>Robotics<br>Stock<br>Auton.<br>Truck   | Em uma linha de produção 4.0, dispositivos IoT coletam dados sobre a situação atual do maquinário, permitindo a manufatura digital autônoma de produtos utilizando robôs. Os produtos acabados destinados à estoque são coletados no final do processo produtivo e encaminhado para armazéns ou centros de distribuição utilizando caminhões autônomos. |

| P <sub>3</sub> .M <sub>2</sub> .Make-to-Order  |  |
|--|--|
| É a categoria de processo que cuida da manufatura de produtos sob encomenda. A manufatura destes produtos depende de um pedido específico de um cliente e pode ser configurável segundo este pedido. |  |
| Tecnologias  | Descrição  |
| Cloud<br>Robotics  | Os pedidos são recebidos pelo sistema de nuvem da empresa. Após análise dos pedidos, o mesmos são direcionados para a área de manufatura digital para produção autônoma dos produtos por robôs. Os produtos acabados são coletados no final do processo produtivo e aguardam a fase P <sub>4</sub> .D <sub>2</sub> .Deliver-to-Order para seguir para os clientes. |

| P <sub>3</sub> .M <sub>3</sub> .Engineer-to-Order Product   |  |
|---|--|
| É a categoria de processo responsável por produzir produtos com base nos requisitos de um cliente específico. |  |
| Tecnologias   | Descrição  |
| 3D<br>Printer   | Empresas que atendem a categoria Source Enginner-to-Order Product podem utilizar da tecnologia de impressão 3D para atender seus clientes. Pedidos são recebidos pelo sistema de nuvem (cloud) da empresa e, após processados, podem ser enviados para dispositivos de impressão 3D que irão fabricar o produto solicitado segundo as especificações constantes em arquivos digitais do tipo AMF (Additive Manufacturing File) ou STL (Stereolithography). |

| Categoria de processo de demanda projetadas P4.D1.Deliver Stocked (quando chegar um p concorrente). |   |
|---|---|
| Categoria de processo fabricados e/ou montados subconjuntos padrão                                  |   |
| Categoria de processo únicos, totalmente especificações fornecidas                                  |   |
| Tecnologias   | Descrição   |
| Auton.<br>Vehicles  | Caminhões entregam e permitem (C2) ou a categoria Enginner-to-Order autônoma infraestrutura cliente. significati para o t Service). |

Fonte: Autores

A tabela 3 resume as principais tecnologias emergentes e seu uso nas diferentes categorias de processos do modelo SCOR.

Tabela 3 – Resumo das Principais Tecnologias Emergentes e Seu Uso Nas Diferentes Categorias de Processos do SCOR

|                       | SOURCE      | MAKE               | DELIVER                 |
|-----------------------|-------------|--------------------|-------------------------|
| Stocked Product       | IoT         | IoT                | Autonomus Truck         |
|                       | Analytics   | Robotics           | Autonomus Car           |
|                       | CPS         | Autonomus Vehicles | Drones                  |
| Make-to-Order Product | Biometrics  | Cloud              | Autonomus Truck         |
|                       | Cloud       | Robotics           | Autonomus Car           |
|                       | Analytics   | 3D Printing        | Drones                  |
| Enginner-to-Order     | Cloud       | Cloud              | Autonomus Truck         |
|                       | 3D Printing | 3D Printing        | Autonomus Car<br>Drones |

Fonte: Autores

#### 4. Conclusão

O *Supply Chain Management* 4.0 (SCM 4.0) é pré-requisito para a existência da Indústria 4.0. Para que o potencial prometido pelo SCM 4.0 seja alcançado, tecnologias emergentes e embrionárias como *Big Data*, *Data Mining*, Sistemas Ciber-físicos (CPS, *Cyber Physical System*), Internet das Coisas (IoT, *Internet of Things*), Computação em Nuvem (*Cloud Computing*), Inteligência Artificial (AI, *Artificial Intelligence*), Robótica Autônoma, Interfaces Homem-Máquina Avançadas, Veículos Autônomos, Drones, entre outros, precisam ser plenamente desenvolvidos e entendidos. O compartilhamento de informações entre todos os componentes da cadeia de abastecimento digital (mesmo entre concorrentes) é condição *sine qua non* para que o SCM 4.0 seja rápido, eficiente, colaborativo e preditivo, capaz de oferecer não só entregas mais rápidas, sem erros, defeitos ou avarias, mas uma verdadeira experiência aos seus clientes.

O objetivo deste artigo foi propor um *framework* para facilitar a compreensão de como as novas tecnologias emergentes podem ser incorporadas nos processos da cadeia de suprimentos para melhorar sua integração e eficiência.

O modelo SCOR no nível estratégico (nível 1) e no nível tático (nível 2) foi usado para representar a cadeia de suprimentos e facilitar a organização das várias tecnologias entre os

processos da cadeia de suprimentos.

A estrutura resultante contribui para o desenvolvimento da teoria das cadeias de suprimentos digitais identificando as tecnologias (ainda embrionárias) que apoiarão o SCM 4.0 e como essas tecnologias podem ser incorporadas nos processos da cadeia de suprimentos. Estabelece ainda uma base importante para pesquisas futuras nesse corpo de conhecimento e auxilia a compreensão por parte dos profissionais sobre como e onde as novas tecnologias podem ser aplicadas.

## Referências

- BALLOU, R. The Evolution and Future of Logistics and Supply Chain Management. *Production Journal*, v.16, n.3, p.375-386, 2006.
- DELIPINAR, G. E., KOCAOGLU, B. Using SCOR Model to Gain Competitive Advantage: A Literature Review. *5th International Conference on Leadership, Technology, Innovation and Business Management*, v. 229, p. 398-406, 2016.
- DREES, J. Logistics 4.0 – Tailored Solutions for the Future. *International Press Workshop*. Disponível em <<https://goo.gl/wFTHMh>>. Acesso em 15 set. 2017.
- DWEEKAT, A. J., HWANG, G.; PARK, J. A Supply Chain Performance Measurement Approach Using the Internet of Things: Toward More Practical SCPMS. *Industrial Management & Data Systems*, v. 117, Issue 2, p. 267-286, 2017.
- FAYAD, M.; SCHMIDT, D. Application Frameworks. *Communications of the ACM*, v. 40, n.10, p. 32-38, 1997.
- GEORGISE, F. B.; WUEST, T.; THOBEN, K. SCOR Model Application in Developing Countries: Challenges & Requirements. *Production Planning & Control*, v. 28, issue: 1, 2017.
- HWANG, Y. D.; WENB, Y. F.; CHEN, M. C. A Study on the Relationship Between the PDSA Cycle of Green Purchasing and the Performance of the SCOR Model. *Total Quality Management*, v. 21(12), p. 1261-1278, 2010.
- KERSTEN, W.; SAEED, M.; A SCOR Based Analysis of Simulation in Supply Chain Management. *Proceedings 28th European Conference on Modelling and Simulation*, p. 461-469, 2014.
- KNUT, A.; REXHAUSEN, D.; SEVFERT, A. Supply Chain 4.0 in Consumer Goods. 2017. Disponível em <<https://goo.gl/NxZegt>>. Acesso em 02 dez. 2017.
- NTABE, E. N.; MUNSON, A. D.; SANTA-EULALIA, L.A. A Systematic Literature Review of the Supply Chain Operations Reference (SCOR) Model Application With Special Attention to Environmental Issues. *International Journal of Production Economics*, v. 169, p. 310-332, 2015.
- STICH, V.; ADEMA, J.; BLUM, M.; RESCHKE, J. Supply Chain 4.0: Logistikdienstleister im Kontext der vierten industriellen Revolution. *Logistik – eine Industrie, die (sich) bewegt*. p. 63-76, 2015.
- SCC - The Supply Chain Council. *The Supply Chain Operations Reference Model Revision 11.0*. 2012.
- SCHMIDT, G.; WILHELM, W. Strategic, Tactical and Operational Decisions in Multi-national Logistics Networks: A Review and Discussion of Modelling Issues, v. 38, Issue 7, p. 1501-1523, 2010.
- WANG, W. Y. C.; CHAN, H. K., PAULEEN, D. J., Aligning Business Process Reengineering in Implementing Global Supply Chain Systems by the SCOR Model. *International Journal of Production Research*, v. 48, Issue 19, p. 5647 - 5669, 2010.
- ZANGOUEIMEZHAD, A.; AZARY, A.; KAZAZIZ, A. Using SCOR Model with Fuzzy MCDM Approach to Assess Competitiveness Positioning of Supply Chains: Focus on Shipbuilding Supply Chains. *Maritime Policy and Management*, v. 38(1), p. 93-109, 2011.