

I NOVAÇÕES DA INDÚSTRIA 4.0 NA GESTÃO DE PROCESSOS NA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Recebido: 23/05/2020

Aprovado: 19/08/2020

¹ Daniel de Souza Silva Junior

² Ruan Carlos dos Santos

³ Ismael Luiz dos Santos

RESUMO

Objetivo: Este estudo tem por objetivo compreender o impacto das inovações tecnológicas da Indústria 4.0 na prestação de serviços no setor da Construção Civil.

Projeto / metodologia / abordagem: Pesquisa documental de abordagem qualitativa levantando dados de relatórios ligados ao segmento de construção civil (CBIC, 2016a, 2016b, 2018; SEBRAE, 2020; KPMG, 2016; WEF, 2016). A pesquisa seguiu-se em seis etapas: formular o problema, estabelecer um plano conceitual, realizar a pesquisa, coletar as informações, analisar e empreender uma avaliação geral (Létourneau, 2011; Silveira Gontijo & Motta Alves, 2019).

Constatações: O conhecimento que circula por entre os profissionais prestadores de serviços no setor da Construção Civil tende a ser subjetivamente construído a partir da prática do operador do setor. Práticas artesanais ainda dominam os processos da construção civil, no entanto, a industrialização do setor através do concreto usinado, uso de máquinas e automação pode viabilizar a transformação tecnológica.

Limitações/implicações da pesquisa: O acesso a documentos ou mesmo disponibilidade dos mesmos é um desafio para o dimensionamento do fenômeno da Indústria 4.0 na Construção Civil. Buscou-se publicações de acesso público, no entanto, foi possível uma visão geral do estado da arte em termos de digitalização nos processos de construção.

Originalidade /valor: Os fenômenos tecnológicos abordados neste artigo fazem parte de um contexto da Quarta Revolução Industrial que através da Indústria 4.0 (Madsen, 2019; Santos et al. 2019). Na Construção Civil essa transformação digital através da automação e digitalização dos processos o fenômeno da Indústria 4.0 se manifesta como Construção 4.0 (Craveiro et al., 2019).

Palavras-chave: Construção 4.0, Indústria 4.0, Construção Civil, Quarta Revolução.

Como Citar:

Silva Junior, D., Santos, R., & Santos, I. (2020). Inovações da Indústria 4.0 na Gestão de Processos na Prestação de Serviços na Construção Civil. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies [FSRJ]*, 12(3), 394-415. doi: <https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2020.v12i3.500>

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/ESAG, Santa Catarina, (Brasil). E-mail: daniels.j@hotmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6224-8082>.

² Centro Universitário UniAvan, Universidade do Vale do Itajaí, Santa Catarina, (Brasil). E-mail: ruan_santos1984@hotmail.com Orcid: <http://orcid.org/0000-0001-7396-8774>

³ Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI, Santa Catarina, (Brasil). E-mail: ismael.luiz.santos@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1854-7982>.

I NDUSTRY INNOVATIONS 4.0 PROCESS MANAGEMENT IN THE PROVISION OF SERVICES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

ABSTRACT

Objective: This study aims to understand the impact of technological innovations in Industry 4.0 in the provision of services in the construction sector.

Project / methodology / approach: Documental qualitative approach research gathering data from reports related to the civil construction segment (CBIC, 2016a, 2016b, 2018; SEBRAE, 2020; KPMG, 2016; WEF, 2016). The research followed in six steps: formulate the problem, establish a conceptual plan, conduct the research, collect the information, analyze and undertake a general assessment (Létourneau, 2011; Silveira Gontijo & Motta Alves, 2019).

Findings: The knowledge circulating among professional service providers in the Civil Construction sector tends to be subjectively built from the practice of the sector operator. Craftsmanship still dominates civil construction processes, however, the industrialization of the sector through machined concrete, the use of machines and automation can make technological transformation feasible.

Limitations / implications of research: The access to documents or even their availability is a challenge for the dimensioning of the phenomenon of Industry 4.0 in Civil Construction. Public access publications were sought, however, an overview of the state of the art in terms of digitalization in construction processes was possible.

Originality/Value: The technological phenomena addressed in this article are part of a context of the Fourth Industrial Revolution that through Industry 4.0 (Madsen, 2019; Santos et al. 2019). In Civil Construction this digital transformation through automation and digitalization of processes the phenomenon of Industry 4.0 manifests itself as Construction 4.0 (Craveiro et al., 2019).

Keywords: Construction 4.0, Industry 4.0, Civil Construction, Fourth Revolution.

How to cite the article:

Silva Junior, D., Santos, R., & Santos, I. (2020). Industry Innovations 4.0 Process Management in the Provision of Services in the Construction Industry. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, 12(3), 394-415. doi:<https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2020.v12i3.500>

1. Introdução

Este estudo tem por objetivo compreender o impacto das inovações tecnológicas da Indústria 4.0 na prestação de serviços no setor da Construção Civil. Pesquisas têm apontado a importância de desenvolver estudos de métodos ou inovações tecnológicas que possam melhorar o desempenho do setor da construção civil (Oliveira, 2010; Pozin et al., 2016; Aibinu & Papadonikolaki, 2020; Zhan & Pan, 2020a). Ao longo da história da produção industrial as inovações tecnológicas foram período de rompimentos de modelos de administração para outros que apresentavam melhores desempenhos produtivos (Santos et al. 2019).

Ao longo dos últimos três séculos os processos produtivos industriais ganharam novas tecnologias e aprimoraram técnicas e métodos. A máquina a vapor e a divisão do trabalho proporcionaram a escalabilidade da produção; a linha de produção fordista abriu o caminho para a produção em massa; e a aplicação estatística juntamente com os trabalhos de Deming fundamentaram a era da produção com qualidade (Peinado & Graeml, 2007; Santos et al. 2019). Num mundo agora interligado com demandas em escala global surge uma preocupação com a gestão da cadeia de suprimentos alimentado por serviços e amparados pelos computadores (Gaither & Frazier, 2002; Peinado & Graeml, 2007; Santos et al. 2019).

A Indústria 4.0 é a integração digital de toda a cadeia de suprimentos (Schwab 2016; Kusiak, 2018; Queiroz et al., 2019; Pessoa & Becker, 2020). No contexto brasileiro algumas iniciativas tem sido implementadas pelo governo com o objetivo de colocar a indústria nacional no caminho desta transformação digital (CÂMARA I40, 2019). E este processo de digitalização da produção está impactando também as inovações tecnológicas no segmento de construção (Cavalcanti et al., 2018; Dallasega, 2018 Simão et al. 2019; Alaloul et al. 2019). Algumas instituições que monitoram o setor da construção civil têm apresentado alguns relatórios (CBIC, 2016a, 2016b, 2018; SEBRAE, 2020; KPMG, 2016; WEF, 2016).

Portanto, diante de toda essa contextualização, este artigo pretende contribuir para a formação bibliográfica da administração ao analisar de que forma a administração da produção do segmento de construção tem sido impactada pela presença de tecnologias como sistemas de modelagens virtuais, Big Datas, Inteligência Artificial ou mesmo robótica. Num primeiro momento serão apresentados aspectos teóricos da indústria 4.0 como princípios e conceitos das tecnologias, bem como a sua adoção no setor da construção civil. Em seguida, será apresentado os procedimentos metodológicos para o empreendimento do levantamento de dados e análise dos mesmos.

Numa terceira seção será apresentada os resultados com números, quadros e números estatísticos sobre as condições de digitalização no setor da construção. E por fim, numa quarta e quinta seção serão discutidos os resultados e oferecido as considerações finais sobre toda a pesquisa.

2. Fundamentação Teórica

Design principles e Tecnologias da Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é um conceito introduzido no ano de 2011 durante a Feira de Hannover, Alemanha; anunciado como a Quarta Revolução Industrial (Madsen, 2019). Esse novo conceito de indústria visa interligar produtos, ambientes produtivos, fornecedores, transportadores e consumidores por meio da digitalização (digitization), automatização e inteligência artificial dos processos de produção (Oesterreich & Teuteberg, 2016; Madsen, 2019; Pessôa & Becker, 2020). Dentro deste contexto, o conceito Indústria 4.0 ou I40 tem se popularizado por diversas áreas de negócios da sociedade como no marketing "Marketing 4.0"; nos sistemas de educação "Education 4.0"; nos modelos de governanças "Controlling 4.0"; ou mesmo nos sistemas de trabalho como um todo "Work 4.0", (Mazali, 2018; Madsen, 2019).

Devido a sua característica difusa, formada por um pool de tecnologias, o conceito I40 pode ser compreendido a partir de princípios de design (*design principles*) que podem dividir-se em seis categorias (Hermann et al., 2015), sete (Ruppert et al., 2018) ou mesmo doze categorias (Ghobakhloo, 2018). O quadro abaixo apresenta todos esses princípios permitindo a visualização dos impactos tecnológicos nos processos de produção.

Autores	<i>Design Principles</i>
Hermann et al., 2015	Interoperabilidade; virtualização; descentralização; controle em tempo real; Orientação a serviço; modularização
Ruppert et al., 2018	Interoperabilidade; virtualização; descentralização; Personalização de produto; Responsabilidade social corporativa; modularização; Integração de sistemas
Ghobakhloo, 2018	Interoperabilidade; virtualização; descentralização; Personalização de produto; Responsabilidade social corporativa; modularização; Orientação a serviço; Produto Inteligente (smart); Fabrica inteligente (smart); controle em tempo real; Integração Vertical; Integração Horizontal

Quadro 1- Períodos da Administração da Produção

Fonte: Adaptado de Hermann et al. (2015), Ruppert et al. (2018) e Ghobakhloo (2018).

Estes princípios emergem da ideia de integração tecnológica entre as redes computacionais e os processos de produção denominados Sistemas Ciberfísicos (CPS) (Kusiak, 2018) que podem compor-se de: Sistemas em Nuvem (Oztemel & Gursev, 2018) e (Jovanovic et al., 2020); Comunicação entre máquina (Voigt, 2016) e (CODA

et al., 2019); ambientes de Fabricação Inteligentes (Thoben et al., 2017) e (Sjödin et al., 2018); tecnologias de Realidade Aumentada e Ambiente de Simulação (Schluse et al., 2018) e (Masood & Egger, 2019); mineração de dados (Oztemel & Gursev, 2018); Internet das Coisas (SHROUF et al., 2014) e (Garg et al., 2020); Inteligência de Negócio (Bordeleau et al., 2019); e Robótica (Goel & Gupta, 2020). Esses princípios e tecnologias estão inaugurando novos períodos na administração.

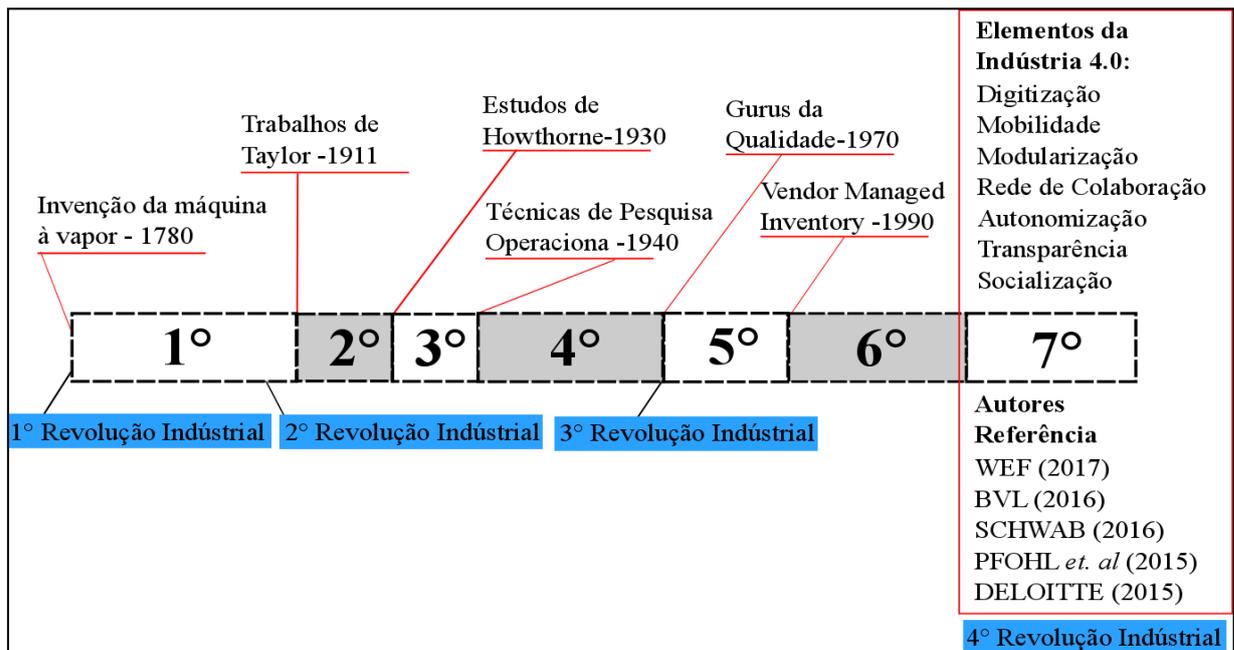


Figura 1 - Elementos de rompimentos de fases da administração da produção
 Fonte: Santos et al. (2019).

Ao longo da história da administração inovações tecnológicas e técnicas de produção foram elementos de rompimento para novas etapas administrativas (Peinado & Graeml, 2007). Aquele *design principles* caracterizando a Quarta Revolução Industrial estão viabilizando um sétimo período da administração (Santos et al., 2019). Os modelos de o gerenciamento de processos de negócios são melhorados (Queiroz et al., 2019); operações de marketing e finanças são alterado (Madsen, 2019) até mesmo as funções de trabalhos podem sofrer transformações com capacidade de mudar a sociedade (Mazali, 2018).

Portanto, a Indústria 4.0 é um modelo de produção integrada virtualmente e habilitada a partir de tecnologias inteligentes interoperáveis. Dito de outro modo, são processos produtivos equipados com arquiteturas inteligentes que partindo de operações físicas ou ambientes virtuais, conformam produtos, serviços ou quaisquer outros entregáveis de produção.

Indústria 4.0 na Construção Civil

A Construção Civil tem sofrido impactos do conceito de Indústria 4.0, apesar de aspectos culturais e técnicos limitarem a propagação das inovações nos processos de construção (Cavalcanti et al., 2018; Dallasega, 2018; Alaloul et al. 2019). No entanto, inovações tecnológicas têm sido adotadas em alguns canteiros de obras visando a redução do custo, tempo e insumos nos processos construtivos (Oesterreich & Teuteberg, 2016; Zabidin et al., 2020). No campo da construção civil essas tecnologias digitalizadoras, de máquinas inteligentes, materiais rastreáveis, até mesmo aprendizagem de máquina, essa transformação tem sido chamada de Construção 4.0 (Craveiro et al., 2019).

Essas tecnologias se estendem por sistemas de projeto, simulação ou modelagem (Pozin et al., 2016; Simão et al. 2019; Aibinu & Papadonikolaki, 2020); uso de sistemas flexíveis (Axelsson et al., 2019); Gerenciamento de Processos (Patrucco et al., 2020); Impressão 3D (Tahmasebinia et al., 2020); integração de tecnologias (You & Feng, 2020); Internet das Coisas (DING et al., 2018); e outras mais tecnologias ligando a construção aos projeto (Osunsanmi et al., 2020), tem sido adotado em alguns canteiros de obras visando a redução do custo, tempo e insumos da construção (Oesterreich & Teuteberg, 2016; Zabidin et al., 2020).

Na Alemanha a transição da Construção Civil de um processo artesanal para uma plataforma tecnológica está contabilizando algumas inovações tecnológicas como demonstrado na figura abaixo (Baumanns et al.,2016).

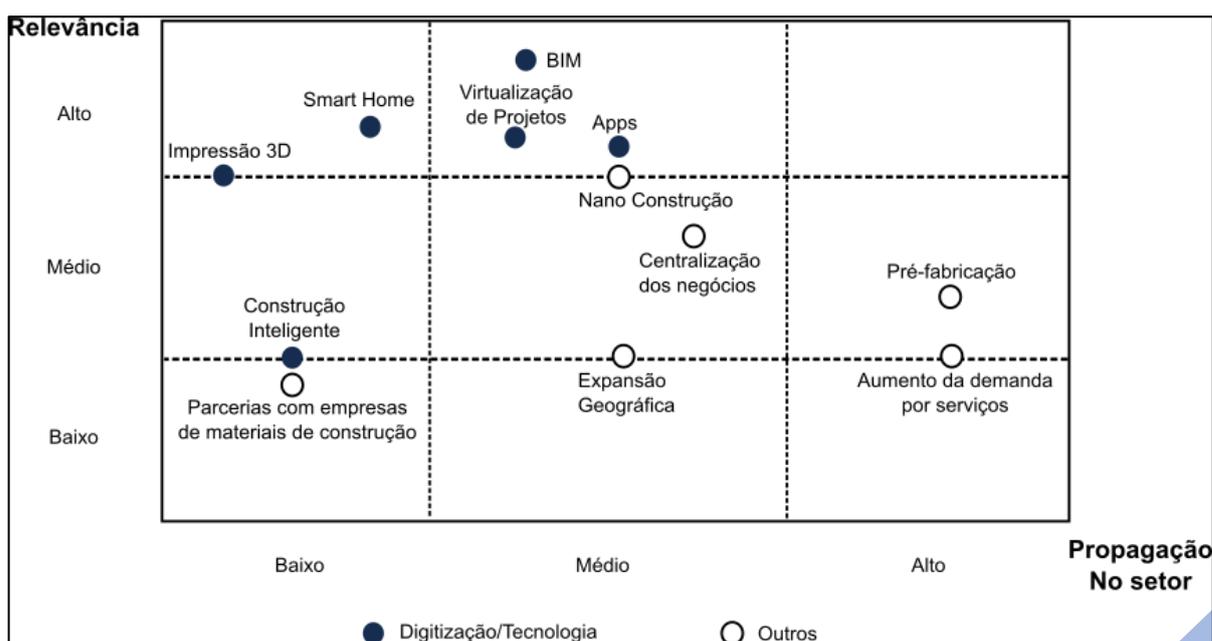


Figura 2 - Inovações tecnológicas na Construção Civil da Alemanha
Fonte: Baumanns et al. (2016).

A figura acima mostra que as iniciativas tecnológicas são caracterizadas por um alto nível de relevância, mas que ainda não tomou conta do mercado. A categoria "outros" é composto por diversas iniciativas que em sua maioria se faz presente no mercado é o caso, por exemplo, da pré-fabricação. Porém, essas novas tecnologias estão introduzindo novos conceitos de construção fomentando a digitalização nos processos construtivos (Cavalcanti et al., 2018; Simão et al. 2019; Tahmasebinia et al., 2020; You & Feng, 2020).

Em termos de interoperabilidade – capacidade dos sistemas e dispositivos operarem os diversos tipos de dados – e os princípios da Transparência e da integração de dados presente na Indústria 4.0 tem sido estudado seu uso no processo de envio de materiais de construção para os canteiros de obra (Cavalcanti et al., 2018; Sun et al., 2020). Os demais princípios da I40 como a virtualização, descentralização, customização e outros podem se consolidar à medida que essas novas tecnologias se popularizam (Tupa, Simota & Steiner, 2017).

No fim, a principal característica da Construção Civil orientada pelo conceito da Indústria 4.0 é seu ganho em desempenho na etapa da elaboração de projetos ao usar modelagens virtuais e simulação de condições de terreno ou de materiais, sobretudo no uso do BIM (*Building Information Modeling*) (Ruschel et al., 2013; Pozin et al., 2016 Cavalcanti et al., 2018; SIMÃO et al. 2019). Outra característica é a viabilização de máquinas e equipamentos sensorizados permitindo o monitoramento em tempo real (Oesterreich & Teuteberg, 2016).

3. Procedimentos Metodológicos

Para a análise das inovações tecnológicas na prestação de serviço da Construção Civil, tendo em vista o contexto da Indústria 4.0, foi necessário o levantamento de documentos reunidos a partir de relatórios técnicos de entidades que monitoram ou que estão ligados a indústria da construção. Para que a análise tenha caráter comparativo, reuniu-se relatórios que reportam tecnologias usadas no mercado da Construção Civil do Brasil e da Alemanha.

Num segundo momento para identificar as tecnologias inovadoras, empreendeu-se leituras e interpretações de textos técnicos extraídos de relatórios, catálogos e informes do setor da construção civil de cada país que tinham como temática a Indústria 4.0. Por meio de uma pesquisa documental em uma abordagem qualitativa o estudo seguiu as etapas expostas no quadro abaixo.

Fluxo	Descrição	Resultado
1º Etapa	Formulação do problema de pesquisa.	De que forma as inovações tecnológicas da indústria 4.0 estão ocorrendo no processo de prestação de serviço da Construção Civil?
2º Etapa	Estabeleceu-se um conjunto de palavras-chaves que caracterizam a influência da Indústria 4.0 na Construção Civil. É que, portanto, seriam orientadoras na seleção das inovações habilitadoras.	Design Principles e termos da Indústria 4.0: Interoperabilidade (Interoperability); modularidade (Modularity) virtualização (Virtualization); descentralização (Decentralization); Personalização de produto (Product Personalization); Responsabilidade social corporativa (Corporate Social Responsibility); Orientação a serviço (Service Orientation); Produto Inteligente (smart product); Fabrica inteligente (smart factory); controle em tempo real (Real-Time Capability); Integração Vertical (Vertical Integration); Integração Horizontal (Horizontal Integration); Digitalização (Digitalisation); Construção 4.0 (Construction 4.0); Construção Inteligente (Smart construction site); Revolução Industrial 4.0 (Industrial Revolution 4.0). Tecnologias: sistemas de simulação ou modelagem virtual; Impressão 3D (3D printing); Internet das Coisas (Internet of things – IoT); Internet de Serviço (Internet Of Services – IoS); sistemas inteligentes de projeto e gerenciamento de processo; realidade aumentada; sistemas de rádio-frequência (Radio Frequency Identification-RFID); Automação Digital (Digital Automation); Building Information Model (BIM); Additive manufacturing.
3º Etapa	Realizou-se a pesquisa propriamente dita.	Dados do Brasil: CBIC (2016a; 2016b); CBIC (2018); SEBRAE (2020) Dados de organizações internacionais: KPMG (2016); WEF (2016)
4º Etapa	Coleta das informações documentais	Através de leituras e reprodução de gráficos, quadro e tabelas, os dados foram separados para posterior análise.
5º Etapa	Análise das informações coletadas	As duas premissas orientadoras na análise das informações extraídas dos documentos é o contexto da produção daquele documento e da relação que ele tem com o fenômeno estudado (BRYMAN, 2016).
6º Etapa	Avaliação Geral	

Figura 3 - Etapas dos procedimentos metodológicos

Fonte: Adaptado de Létourneau (2011).

Os documentos acessados na “3º etapa” são publicações encontradas em sites da Câmara Brasileira da Indústria da Construção, do SEBRAE, empresa de consultoria KPMG e do Fórum Mundial econômico (WEF) cujo conteúdo demonstra o grau de inovação tecnológica que o setor da construção civil está engajado. A consulta aos documentos oferece ao pesquisador a oportunidade de acessar à realidade dos fatos e fenômenos de tal modo a compreender seus desdobramentos com o fenômeno em questão (BRYMAN, 2016).

Buscou-se ao longo da pesquisa documental elementos de métodos e tecnológicos que se relacionavam com os conceitos ou termos da Indústria 4.0. E que pudessem habilitar a Quarta Revolução industrial no setor da construção civil.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

No contexto brasileiro, o Programa Minha Casa Minha Vida ofereceu um cenário ideal para o início de um processo de transformação no setor da construção civil nacional (CBIC, 2016a). As inovações tiveram um caráter modernizante avanços tecnológicos e redução do contingente de operários nos canteiros de obra (CBIC, 2016a). Essa transformação distribuída em seis áreas da construção civil do Brasil: sistema de estrutura; sistema de piso; sistema de vedação; sistema de cobertura; sistema de instalação; ferramenta, máquina ou equipamento, (CBIC, 2016a).

Sistema de estrutura	Sistema de piso	Sistema de cobertura	Sistema de instalação
<ul style="list-style-type: none"> - Laje em Steel Deck - Escoramento de alumínio - Bubbledeck - Fôrma-Bloco - Poços de Elevador - Forma Metálica - Fôrma autotrepante - Reservatório Modular - Suporte para fôrma - Escoramento ajustável - Fôrma deslizante - Laje seca com painel cimentício - Concreto autoadensável - Escoramento de trincheira - Solo Grampeado 	<ul style="list-style-type: none"> - Concreto Permeável - Impermeabilização Projetada - Pavimento Drenante - Espaçador de cerâmica - Impermeabilizante Líquido - Piso sobre Piso - Piso reforçado com Fibras - Contrapiso Flutuante - Contrapiso Autonivelante - Membrana EPDM - Manta Anti-Raiz - Manta Isolante - Piso elevado - Piso Plástico Modular - Fixação de Tela c/ Argamassa 	<ul style="list-style-type: none"> - Tela Shingle - Telhado Verde - Telha de Fibra - Telha de Poliéster - Roof IT - Telha de PVC - Roll-On - Telhado Branco - Cobertura de Light Steel Framing - Telha de Concreto - Telha Asfáltica - Telha de Cobre - Telha de Vidro - Telha de Plástico 	<ul style="list-style-type: none"> - Kit Hidráulico Pré-Montado - Polietileno Reticulado (PEX) - Caixas Elétricas Chumbadas Em Peças Pré-Moldadas - Aquecedor Solar - Interruptor Sem Fio - Esquadria Automática - Fechadura Eletrônica - Automação Residencial

Figura 4A - Lista de técnicas, métodos e tecnologias inovadoras na Construção Civil
Fonte: (CBIC, 2016a).

Sistema de vedação		Ferramenta, máquina ou equipamento	
- Painéis de Bloco Cerâmico	- Chapa Cimentícia	- Elevador Cremalheira	- Sistema antiqueda
- Sistema leve em madeira	- Fachada Ventilada	- Uso de Bisnagas	- Serra p/ corte
- Fachada em painéis de Base cimentícia	- Painéis Pré-Fabricados	- Desempenadeira Mecânica	- Acabadora de argamassa
- Light Steel Framing	- Quick Jet	- Lavadora de Pressão	- Serra parede
- Banheiro Pronto	- Argamassa Industrializada	- Niveleta	- Hidrodemolidora
- Casa Pré-Moldada	- Parede de concreto c/ Polímero	- Politriz	- Instalador de vidro
- Argamassa Projetada	- Parede de concreto Armado	- Desempenadeira Estreita	- Guincho de base
- Gesso Projetado	- Janela s/ Contramarco	- Mastro Hidráulico	- Amarrador de armadura
- Fachada Curva	- Fôrma Plástica	- Mesa Voadora	- Britador móvel
- Fachada Plástica	- Wood Frame	- Pintura Airless	- Moinho de martelo
- Revestimento em Monocamada	- Gabarito de Alumínio	- Pórtico Rolante	- Conductor de entulho
- Painéis de PVC + Concreto	- Pannel Estrutural Pré-Moldado	- Grua Basculante	- Arrasador de estaca
- Bloco Canaleta	- Pannel de Concreto c/ Plenum	- Trena a laser	- Guincho para poço
- Pannel Pré-Moldado De concreto e bloco	- Drywall	- ISOWELD 300	- Drone
- Fachada Unitizada	- Alvenaria Estrutural	- Mont-tour	- Holiday detector
- Pannel de Concreto c/ Placa de EPS	- WallFlore	- Hidrofresa	- Jet Grouting
		- Andaime Fachadeiro	- Bomba Centífuga
		- Estaca do tipo hélice contínua	- Manipulador Telescópico
		- Bomba Misturadora de Argamassa	- Plataforma 800 AJ
		- Auto-Concreteira	- Plataforma Tipo Tesoura
		- Bomba Estacionária	- Ferrodetector
		- Compactador de solo	- Laser Screed
		- Guilhotina p/ paver	- Rodo Tipo Float
		- Guincho de elevação	- Balacim Elétrico
		- Mangote e vibrador	- Rebocadora
		- Nível a laser	- Cortadora de Piso
		- Pórtico sobre Pneus	- Sensor de Umidade
		- Usina de concreto móvel	- Sensor para dosador
		- Câmera de segurança	- Régua Vibratória
		- Misturador de concreto	- Betoneira Rotativa
		- Robô Demolidor	- Scanner
		- Carregadeira	- Parafusadeira
			- Dosador de Fibra
			- Controlador de temperatura
			- Tripod Archi

Figura 4B - Lista de técnicas, métodos e tecnologias inovadoras na Construção Civil catalogadas pela CBIC
Fonte: (CBIC, 2016a)

Ao longo do catálogo é possível perceber que termos ligados ao conceito da Indústria 4.0 foram diluídos ora na descrição da tecnologia presente na própria definição:

- O princípio da modularidade: “inovação modular” (CBIC, 2016a, p.22).
- A ideia de integração através da automação residencial.
- A ideia da digitalização encontrada na tecnologia da Fechadura Eletrônica.
- O termo “internet” aparece ligado ao sistema de câmera de segurança e no uso de tablet nos canteiros de obra (categoria de ferramenta, máquina ou equipamento).
- O uso da robótica está presente no “Robô Demolidor” e na “Hidro demolidora”.
- Também se notou a presença da automação ou dispositivos eletrônicos como: esquadrias automáticas com programação computacional, controlador de temperatura, automação residencial, sensor para dosador (usado para controle de quantidade de água na argamassa ou concreto), Treina Laser e Nível a Laser, interruptor sem fio,
- A presença de software como ROOF IT (programa que auxilia nos projetos de cobertura)

A figura 5 apresenta uma lista de tecnologias que tem auxiliado no aumento da produtividade no setor da Construção Civil.

Principais tecnologias

● ÁREAS ONDE A TECNOLOGIA AUXILIA A AUMENTAR A PRODUTIVIDADE
● ÁREAS ONDE A TECNOLOGIA TEM POUCO IMPACTO NA PRODUTIVIDADE

	Qualificação da mão de obra	Retrabalho	Matéria-prima	Planejamento e controle	Layout do canteiro	Segurança do trabalho
BIM	●	●	●	●	●	●
BIM 4D	●	●	●	●	●	●
Automação	●	●	●	●	●	●
Telas Soldadas	●	●	●	●	●	●
Monoforte	●	●	●	●	●	●
Sistema de alvenaria estrutural	●	●	●	●	●	●
Sistema de lajes mistas	●	●	●	●	●	●
Sistema de CES	●	●	●	●	●	●
Tecnologia móvel	●	●	●	●	●	●
Microconcreto de alto desempenho	●	●	●	●	●	●
Concreto autoadensável	●	●	●	●	●	●
Painéis EPS	●	●	●	●	●	●
EAD	●	●	●	●	●	●
RFID	●	●	●	●	●	●

Figura 2 - Áreas onde a tecnologia auxilia na produtividade
Fonte: SEBRAE (2020).

A maior parte das tecnologias estão impactando no manuseio de matérias-primas como aquelas empregadas em alvenaria estrutural, lajes ou em concretos. A Tecnologia Móvel e os sistemas de radiofrequências (RFID) são ferramentas que tem viabilizado o planejamento, o monitoramento e controle das tarefas do canteiro de obra.

O Relatório da KPMG (2016) conduziu uma pesquisa a nível internacional com o intuito de detectar os tipos de tecnologias já presentes no setor da Construção Civil como se demonstra no Figura 6.

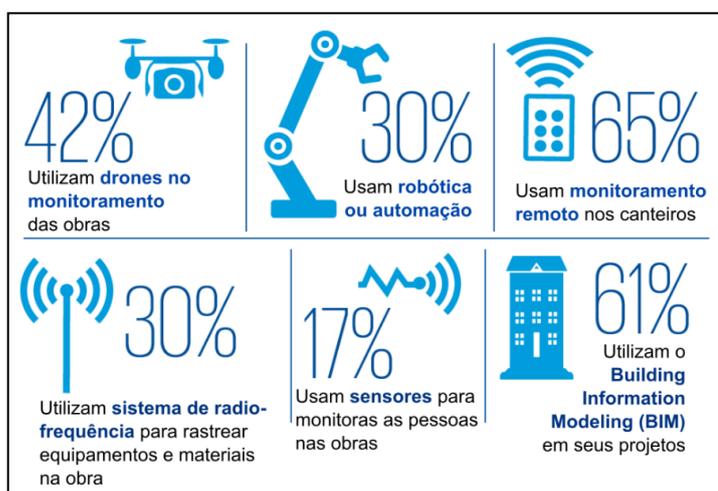


Figura 3 - Pesquisa Global de Construção Civil sobre adoção de tecnologias
Fonte: (KPMG, 2016)

Em escala internacional as tecnologias adotadas estão empregadas no controle de obras. Tanto o monitoramento de obra através de circuitos de TV e redes de câmeras como a adoção BIM (*Building Information Model*) - que é a modelagem da informação da construção no ambiente virtual - tem por foco o controle do processo produtivo. Mesmo o uso de drones que tem uma aplicação na captura de imagens de alto detalhamento são utilizados para o monitoramento em tempo real da obra (KPMG, 2016).

A adoção do BIM na cadeia produtiva da construção fortalece a ideia de monitoramento contínuo (WEF, 2016). O relatório do Fórum Mundial Econômico de 2016 "*Shaping the future of Construction*" vinculou a produtividade à padronização, modelagem e a pré-fabricação, apontando tecnologias, como demonstrado na Figura 7.

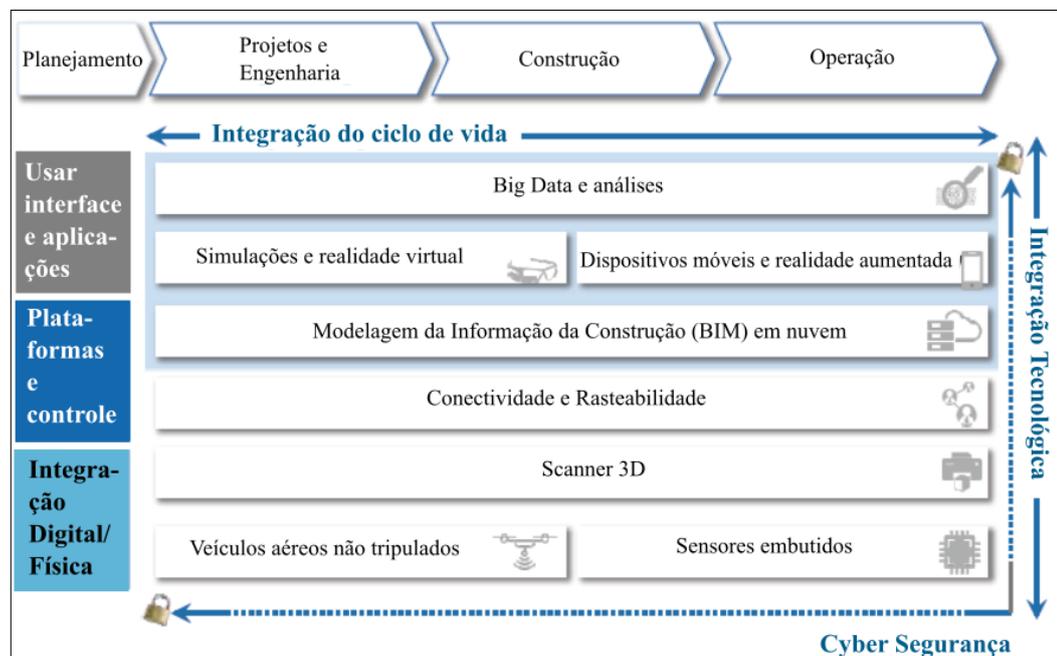


Figura 7 Tecnologias Digitais aplicadas na cadeia de valor da Construção Civil

Fonte: (WEF, 2016)

Dentro deste contexto, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção vem se dedicando a promover o uso do BIM nos processos de construção civil (CBIC, 2016b; 2018). Um elemento central nessa promoção é melhorar a interação humano-humano (HHI) a partir de padronizações e codificações de insumos e procedimentos que viabilizem uma interação computador-computador (CCI).

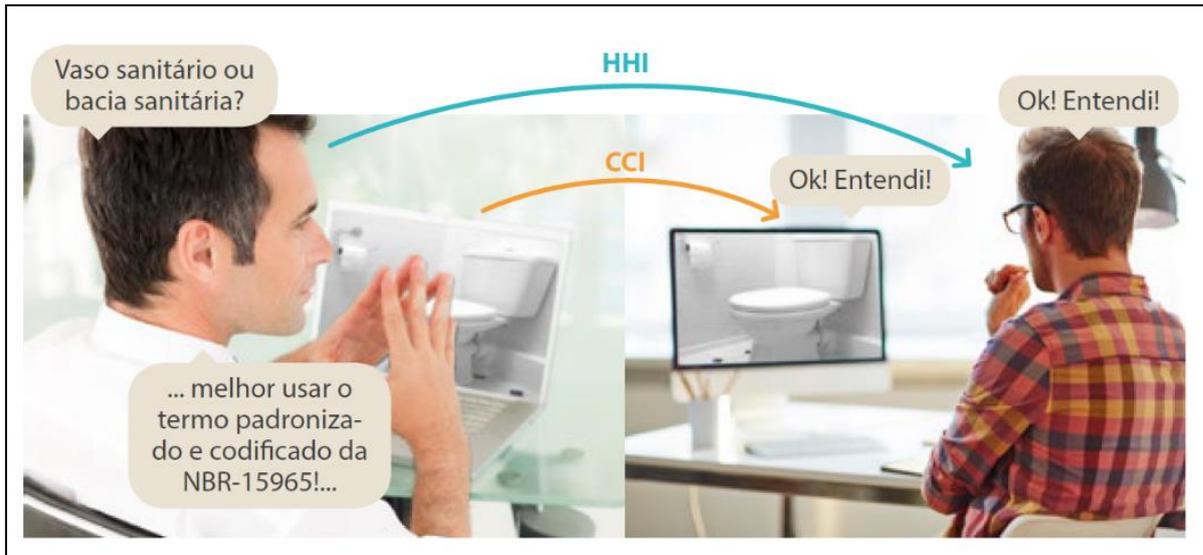


Figura 4 - Demonstração do BIM facilita a comunicação nos processos de construção civil
 Fonte: (CBIC, 2016b)

Durante o Roadshow “Workshop Implementação do BIM” promovido pelo CBIC e SENAI Nacional no ano de 2018 a organização aplicou questionários junto a 917 participantes distribuídos nas seguintes áreas de atuação:

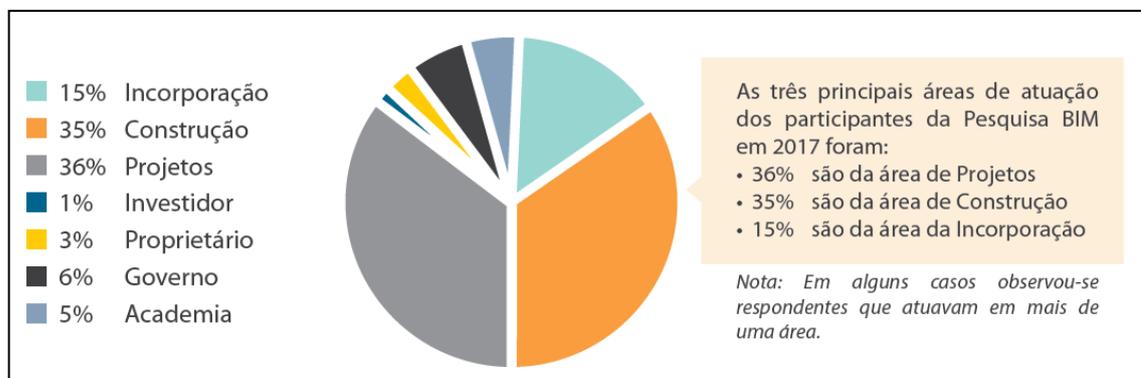


Figura 5 - Distribuição dos pesquisados de acordo com as áreas de atuação
 Fonte: (CBIC, 2018)

Entre esses pesquisados observou-se ainda que:

- 38,6% entregam as obras dentro do prazo;
- 36,7% Mantem o custo final da obra dentro ou abaixo do planejado
- 75% afirmaram usar softwares da Autodesk
- 97% declararam terem falta de profissionais qualificados em BIM
- 94% afirmaram a falta de interoperabilidade entre os softwares do BIM
- 49% afirmam utilizar sistemas de orçamentos (de acordo com a CBIC foram citados mais de 70 sistemas distintos com amplo uso de planilhas excel)

- 20% afirmaram já ter implantado sistemas de gestão empresarial (ERPs) e destes apenas 3,2% afirmaram ter integrado a modelagem BIM
- Dentre aqueles que implementaram a modelagem BIM; 20% atribuíram como motivo a busca pelo “aumento da qualidade de projeto”, enquanto outros 15% tiveram como motivo “aumento na qualidade da construção”
- Ainda sobre aqueles que declaram que utilizam a modelagem BIM; 32% utilizam em estimativas de custos; 34% empregam em análises do sistema de construção; 27% em planejamento e controle 3D; e 22% em revisão de projetos.

5. Discussão dos Resultados

Os resultados da pesquisa demonstraram que as inovações tecnológicas na construção civil se concentram principalmente em “sistemas de vedação” e “ferramenta, máquina ou equipamento” (Figura 4A-B). Essas inovações tecnológicas tem acontecido do âmbito dos materiais de insumos como concretos armados, argamassas e utilização de sistemas mecanizados ou hidráulicos nas tarefas de construção (Figura 4A-B). O SEBRAE identificou que a categoria “matéria-prima” foi quem mais sofreu impacto das tecnologias inovadoras, embora a “tecnologia móvel” muito presente nas demais categorias, em termos de matéria-prima ainda não se faz tão recorrente (Figura 5).

Essas inovações tecnológicas presentes na construção civil são indícios da consolidação de um novo período da administração da produção como debateram Santos et al. (2019). Na Figura 1 do referencial teórico é apresentado sete períodos da administração, sabendo que o sétimo, tem fortes relações com o fenômeno da Quarta revolução industrial. A figura 6 confirma a tendência à inovação 4.0 que Cavalcanti et al. (2018) e Sun et al. (2020) observaram no segmento de construção. A figura 6 aponta que o foco das inovações no setor da construção está voltado para o monitoramento remoto, sistemas de câmeras; como também estão focados na implementação do BIM.

O sistema BIM tem como propósito melhorar a interação humana e computacional (Figura 8), além de otimizar o gerenciamento de projetos e a condução da obra ((Ruschel et al., 2013; Pozin et al., 2016; Simão et al. 2019). A figura 7 mostra como cada uma das tecnologias da indústria 4.0 fazem parte de um ecossistema na visão do WEF (2016). Em resumo, essas inovações tecnológicas promovem a interação entre interfaces, plataformas digitais e ambiente que integram ambientes virtuais e físicos simultaneamente ao longo do ciclo de construção. Essa interação acontece por meio da promoção de tecnologias como análise de big datas, realidade virtual e

umentada, modelagens digitais, rastreabilidades, escaneamento 3D e sensorização, como foi apresentado no referencial.

A pesquisa da CBIC realizada em 2018 (Figura 9) oferece um panorama geral da adoção do sistema BIM pelas empresas brasileiras. Apesar de 75% dos entrevistados declararem que usam softwares ligados a empresa Autodesk (uma vez que o software de desenhos técnicos – AutoCad – é de propriedade desta empresa), apenas 20% declaram ter implantado software de gestão e 3,2% desses que declaram estar em uso do sistema BIM. Portanto, um descompasso com a pesquisa de âmbito mundial (Figura 7) quando detectaram que 61% declaram utilizar o sistema BIM.

O que se observou ao longo dos dados foi a falta de pessoal qualificado (97% declaram não ter pessoal qualificado para trabalhar com o sistema BIM) apresentou a pesquisa CBIC (2018). O sistema BIM é um grande passo em direção a Construção 4.0, porém será preciso conciliar a baixa escolaridade dos operadores da construção com a complexidade da ferramenta BIM, por exemplo, não no intuito de operar, mas no sentido de se produzir de acordo com o especificado, e integrar com os vários softwares de gestão que circulam no mercado (incluindo as planilhas de Excel).

O profissionalismo na execução das tarefas é um desafio, como bem lembraram Cavalcanti et al. (2018), Simão et al. (2019), Tahmasebinia et al. (2020), e You & Feng (2020). Não é possível mais se limitar a gestão de suprimentos ou mesmo a aplicação eficiente do Just-in-time, mas é preciso nos conceitos da Interoperabilidade; virtualização; descentralização; Personalização de produto; Responsabilidade social corporativa; modularização; Orientação a serviço; Produto Inteligente (smart); Fábrica inteligente (smart); controle em tempo real; Integração Vertical; Integração Horizontal como delinearam Hermann et al. (2015), Ruppert et al. (2018) e Ghobakhloo (2018).

Tanto a automação quanto a modelagem da informação em ambientes virtuais abrem espaço para a Quarta Revolução Industrial dentro do setor de construção civil. O fenômeno da digitalização dos processos de construção é o principal elemento que inaugura aquilo que Santos et al. (2019) chamaram de sétimo período da Administração da Produção. Porém o que se vê neste novo período não é apenas a virtualização das etapas produtivas, mas sim uma completa remodelagem no modo de fazer da construção civil introduzindo novos materiais e técnicas (Figura 4A-B).

Ademais o presente estudo encontrou inovações tecnológicas predominantemente nas áreas de automação residencial, construção de fundações e acabamentos. Muitos equipamentos e ferramentas também estão sendo empregados na construção civil tendo em vista a otimização do processo construtivo. Os sistemas

de pré-fabricação apresentaram grande avanço para o setor, uma vez que, permite o emprego do sistema de montagem da edificação do imóvel.

A Figura 10 apresenta um esboço desta transformação tecnológica no setor da construção civil. Quando dentro de uma perspectiva digital (digitization) os profissionais do segmento vão abandonando práticas consideradas artesanais ao industrializar insumos e patronizar atividades. Os processos de mecanização e automação é um processo importante para o advento da digitalização ou digitização (digitization) promovendo construções inteligentes, virtualização de processos e modelagens virtuais.

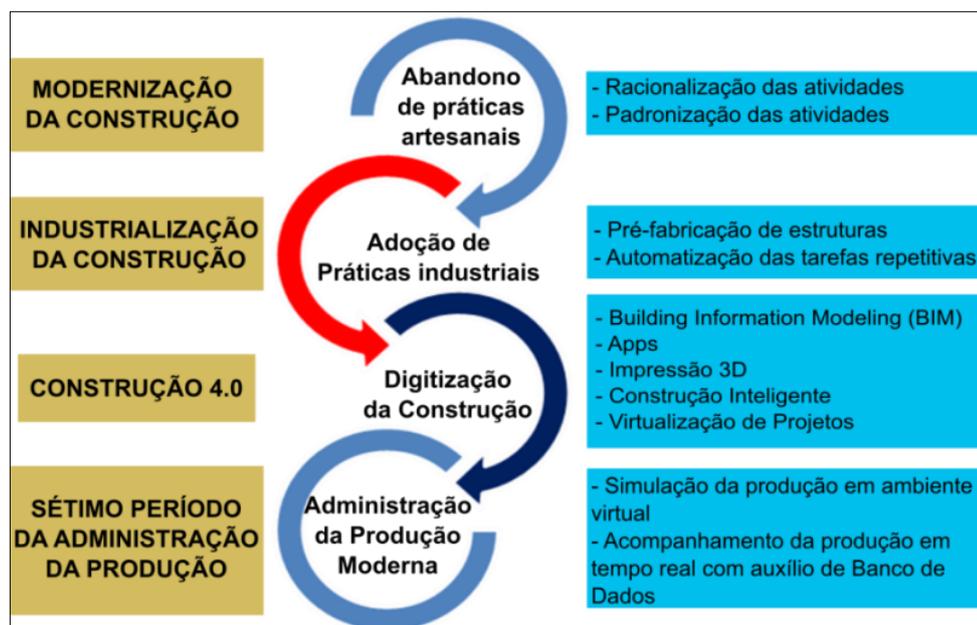


Figura 10 - Esboço do processo de inovação tecnológica no setor da construção civil
Fonte: Adaptado de Santos et al. (2019).

Destaca-se ainda que a implantação de novas tecnologias passa por uma análise econômica de custo/benefício não se levando em consideração apenas aspectos financeiros, mas também, aspectos ergonômicos, sociais, disponibilidade, adequabilidade, funcionalidade, etc. Porém, o impacto das inovações tecnológicas na prestação de serviços na construção civil deverá provocar a mudança de mentalidade do trabalhador médio do setor. O aumento da produtividade, tão almejado nos canteiros de obras, dependerá da capacidade de abandono de práticas artesanais e a adoção de técnicas padronizadas e gerenciáveis (Silva, Kovalski & Pagani, 2019).

O que a figura 10 demonstra é o resumo das interligações transformadoras em andamento no seguimento de edificações. Os ciclos acontecem de maneira simultânea ao longo da cadeia produtiva da construção transformações concomitantes. Provavelmente a grande contribuição deste artigo se concentre na ordenação de

informações condensadas nesta figura 10. É possível transportá-la para outros setores da economia e aplicá-la com o intuito de visualizar as transformações em termos de inovações tecnológicas que habilitam os conceitos da Indústria 4.0 (Kazancoglu & Ozkan-Ozen, 2018).

Em se tratando de Brasil fica evidente que o setor da Construção Civil se encontra ainda no nível moderno e se encaminhando para a industrialização. O uso da ferramenta BIM abre portas para uma virtualização de projetos, por exemplo, porém com a baixa qualificação da mão de obra o setor ficará dependente de uma gestão eficiente e moderna (Teixeira de Souza & Almada Santos, 2020). A última etapa do ciclo, o sétimo período da administração, tende a lidar com processos da construção civil já virtualizados onde os design principles serão norteadores para as tomadas de decisão.

6. Considerações Finais

Este estudo teve como objetivo compreender o impacto das inovações tecnológicas da Indústria 4.0 na prestação de serviços no setor da Construção Civil. E como resultado percebeu-se que as inovações tecnológicas estão viabilizando novos conceitos de construção civil ao fomentar a interoperabilidade e digitalização dos processos. Como pesquisas futuras recomenda-se estudos de campo que identifique as limitações no uso das planilhas Excel na implementação do sistema BIM. Ou ainda, o levantamento dos softwares de gestão aplicáveis ao segmento de construção civil e sua relação com a produtividade ou aumento de desempenho das tarefas.

Este estudo tem várias implicações práticas para gestores, decisões, e profissionais envolvidos nos campos da indústria 4.0 e da construção civil. Em primeiro lugar, fornece um sistematização dos principais elementos da Indústria 4.0 (Rajput & Singh, 2018). Em segundo lugar, fornece uma visão geral racional dos três pilares críticos das SPS. Finalmente, é proposta uma estrutura SPS considerando o BDA, CPS, e integração de IOT utilizando 26 drivers que podem ser utilizados como uma ferramenta útil para obter uma compreensão dos desafios, complexidades e benefícios das SPS, com um enfoque específico em Melhorias no BPM (Christenson et al., 2017; Neumann, 2017; Secundo et al., 2019). Além disso, este quadro pode ser um modelo de referência para apoiar as SPS processos de implementação.

Quanto às implicações teóricas, este estudo dá contribuições significativas para estudiosos. Além disso, incentiva o desenvolvimento de estudos centrados no quadro proposto, envolvendo análises comparativas entre países desenvolvidos e emergentes (Trompisch, 2017). A integração de BDA, CPS, e IoT implica a necessidade de

desenvolver medidas e métricas para eles, bem como um meio de avaliar a sustentabilidade. Os condutores identificados podem ser um ponto de partida para compreender os factores críticos de sucesso (Kumar e Singh, 2018).

Por fim, recomenda-se estudos na categoria casas inteligentes e sua viabilidade mercadológica. As limitações desta pesquisa se concentram no acesso a documentos, poucos relatórios abordam o andamento da Indústria 4.0 no mercado da construção civil. Muitos estudos ainda estão armazenados em empresas de consultorias e sociedades cujos acessos não limitados.

7. Referencias

Aibinu, A.A., & Papadonikolaki, E. (2020). Conceptualizing and operationalizing team task interdependences: BIM implementation assessment using effort distribution analytics. *Construction Management and Economics*, v.38, n.5, p.420-446.

Alaloul, W.S., Liew, M. S., Zawawi, N. A. W. A., & et al., (2019). Industrial Revolution 4.0 in the construction industry: Challenges and opportunities for stakeholder. *Ain Shams Engineering Journal*. DOI: 10.1016/j.asej.2019.08.010.

Axelsson, J., Fröberg, J., Eriksson, P. (2019). Architecting systems-of-systems and their constituents: A case study applying Industry 4.0 in the construction domain. *Systems Engineering*, v.22, n.6, p.1-16. DOI: 10.1002/sys.21516

Bogue, R. (2018). "What are the prospects for robots in the construction industry?", *Industrial Robot: An International Journal*, v.45 n.1, p.1-6. DOI: 10.1108/IR-11-2017-0194

Bordeleau, Fanny-E., Mosconi, E., & Santa-Eulalia, L. A. de. (2019). Business intelligence and analytics value creation in Industry 4.0: a multiple case study in manufacturing medium enterprises. *Production Planning & Control*, v.30. DOI: 10.1080/09537287.2019.1631458

BRYMAN, A. (2016). *Social research methods*. 5. Ed. Oxford: Oxford University Press.

CÂMARA I4.0 – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA 4.0. (2019). *Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 do Brasil 2019-2022*. Brasília. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/backend/galeria/arquivos/2019/09/17/Camara_I40__Plano_de_AcaoVersao_finalrevisada.pdf> acessado em 01 de ago. 2020.

Cavalcanti, V. Y. S. de L., Souza, G. H. de., Sodré, M. A. C., Abreu, M. S. D. de., Maciel, T. da S., & Silva, J. M. de A. (2018). INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. *Revista Campos do Saber*, v.4, n.4.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. (2016). *Catálogo de inovação na construção civil*. Brasília: CBIC.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. (2016). *10 motivos para evoluir com o BIM*. Brasília: CBIC.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. (2020). *Road Show BIM- Resultados da pesquisa e desdobramentos*. Brasília: CBIC, 2018.

Coda, F.A., Salles, R.M., Vitoi, H.A., Pessoa, M.A.O., Moscato, L.A., Santos Filho, D.J., Junqueira, F., & Miyagi, P. E. (2019). Big Data on Machine to Machine Integration's Requirement Analysis Within Industry 4.0. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, v.553, p. 247-254.

Christenson, J.K., O'Kane, G.M., Farmery, A.K., & McManus, A. (2017), "The barriers and drivers of seafood consumption in Australia: a narrative literature review". *International Journal of Consumer Studies*, Vol. 41 No. 3, pp. 299-311

Craveiro, F., Duarte, J. P., Bartolo, H., & Bartolo, P. J. (2019). Additive manufacturing as an enabling technology for digital construction: A perspective on Construction 4.0. *Automation in Construction*, n. 103, p.251–267. DOI: 10.1016/ j.autcon.2019.03.011

Dallasega, P. (2018). Industry 4.0 fostering construction supply chain management: Lessons learned from engineer-to-order suppliers. *IEEE Engineering Management Review*, v.46, n.3, p.49-55. DOI: 10.1109/EMR.2018.2861389.

Ding, K., Shi, H., Hui, J., Liu, Y., Zhu, B., Zhang, F., & Cao, W. (2018). Smart steel bridge construction enabled by BIM and Internet of Things in industry 4.0: A framework. In: *15th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, ICNSC 2018*; Zhuhai; China.

Gaither, N., & Frazier, G. (2002). *Administração da Produção e Operações*. Tradução: José Carlos Barbosa dos Santos. São Paulo: Pioneira Thomson.

Garg, S., Kaur, K., Kaddoum, G., & Choo, K.K.R. Toward Secure and Provable Authentication for Internet of Things: Realizing Industry 4.0. *IEEE Internet of Things Journal*, v.7, n.5, p.4598-4606, 2020. DOI: 10.1109/JIOT.2019.2942271

Ghobakhloo, M. The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 29 No. 6, pp. 910-936, 2018.

Goel R., & Gupta P. (2020). Robotics and Industry 4.0. In: Nayyar A., & Kumar A. (ed.) *A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development. Advances in Science, Technology & Innovation*. Cairo: Springer. Doi: 10.1007/978-3-030-14544-6_9.

Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. In: *49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, Koloa, HI, pp. 3928-3937. Doi: 10.1109/HICSS.2016.488.

Jovanovic, J., Mijailović, Đ., Đorđević, A., & Stefanović, M. (2020). Application of prototyping microprocessor board and cloud system to teach industry 4.0 concepts. *International Journal of Engineering Education*, v.36, n.3, p.929-939.

Kazancoglu, Y., & Ozkan-Ozen, Y. D. (2018). Analyzing Workforce 4.0 in the Fourth Industrial Revolution and proposing a road map from operations management perspective with fuzzy DEMATEL. *Journal of Enterprise Information Management*, v. 29, n. 6, p. 910-936.

Kusiak, A. (2018). Smart Manufacturing. *International Journal of Production Research*, v. 56, n. 1, p.508–517.

Létourneau, J. (2011). *Ferramentas para o pesquisador iniciante*. São Paulo: Martins Fontes, 2011.

Madsen, D. O. (2019). The Emergence and Rise of Industry 4.0 Viewed through the Lens of Management Fashion Theory. *Adm. Sci.*, n.9, v.3.

Masood, T., & Egger, J. (2019). Augmented reality in support of Industry 4.0—Implementation challenges and success factors. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v.58, p.181-195. DOI: 10.1016/j.rcim.2019.02.003

Mazali, T. (2018). From industry 4.0 to society 4.0, there and back. *AI & Soc.*, n.33, p.405–411. DOI: 10.1007/s00146-017-0792-6.

Mcculloch, G. (2004). *Documentary research in Education, History and the Social Sciences*. London: Routledge Falmer.

Morais, R., & Monteiro, R. (2019). An Assay On The Impact of Industry 4.0 in The Operations Area. *International Journal of Professional Business Review*, 4(2), 43-50.

Neumann, F. (2017). "Antecedents and effects of emotions in strategic decision-making: a literature review and conceptual model", *Management Review Quarterly*, Vol. 67 No. 3, pp. 175-200,

Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitization and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*, n.83, p.121-139. DOI: 10.1016/j.compind.2016.09.006

Oliveira, A. I. E. (2010). *Inovações tecnológicas como fator de competitividade para as empresas de Construção Civil em Manaus*. Manaus-AM. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas, UFAM, Amazonas, Brasil.

Osunsanmi, T.O., Aigbavboa, C.O., Emmanuel Oke, A., & Liphadzi, M. (2020). Appraisal of stakeholders' willingness to adopt construction 4.0 technologies for construction projects. *Built Environment Project and Asset Management*. DOI: 10.1108/BEPAM-12-2018-0159

Oztemel, E., & Gursev, S. (2018). Literature review of Industry 4.0 and related Technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v.31, n.3, p.127-182. DOI: 10.1007/s10845-018-1433-8.

Patrucco, A., Ciccullo, F., & Pero, M. (2020). Industry 4.0 and supply chain process re-engineering: A coproduction study of materials management in construction. *Business Process Management Journal*. DOI: 10.1108/BPMJ-04-2019-0147

Peinado, J., & Graeml, A. R. (2007). *Administração da Produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba: Unicenp.

Pessôa, M. V. P., & Becker, J. M. J. (2020). Smart design engineering: a literature review of the impact of the 4th industrial revolution on product design and development. *Research in Engineering Design*. DOI: 10.1007/s00163-020-00330-z.

Pozin, M. A. A., Nawi, M. N. M., & Romle, A. R. (2016). Effectiveness of virtual team for improving communication breakdown in IBS project delivery process. *International Journal of Supply Chain Management*, v.5, n.4, p.121-130.

Queiroz, M. M., Wamba, S. F., Machado, M. C., & Telles, R. (2019). Smart production systems drivers for business process management improvement: An integrative

framework. *Business Process Management Journal*. DOI: <https://doi.org/10.1108/BPMJ-03-2019-0134>

Rajput, S., & Singh, S. P. (2018). "Identifying Industry 4.0 IoT enablers by integrated PCA-ISMDEMATEL approach", *Management Decision*. DOI: 10.1108/MD-04-2018-0378.

Ruppert, T., Jaskó, S., Holczinger, T., & Abonyi, J. (2018). Enabling Technologies for Operator 4.0: A Survey. *Appl. Sci.*, v.8, n.9. DOI: 10.3390/app8091650

Ruschel, R. C., Andrade, M. L. V. X. de., & Morais, M. de. (2013). O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? *Ambiente constr.*, v.13, n.2, p.151-165. DOI: 10.1590/S1678-86212013000200012.

Santos, I. L. Dos., Santos, R. C. Dos., & Silva Júnior, D. S. (2019). Análise da Indústria 4.0 como Elemento Rompedor na Administração de Produção. *Future Studies Research Journal - Future*, v. 11, p. 48-64, 2019. DOI: 10.24023/FutureJournal/2175-5825/2019.v11i1.381

Schluse, M., Priggemeyer, M., Atorf, L., & Rossmann, J. (2018). Experimentable Digital Twins-Streamlining Simulation-Based Systems Engineering for Industry 4.0. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, v.14, n.4, p.1722-1731. DOI: 10.1109/TII.2018.2804917

Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond*. World Economic Forum. Publicado em 14 de jan. 2016. Disponível em < <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond>> acessado em 10 de ago. 2020.

SEBRAE. (2020). *Use a tecnologia para aumentar a produtividade na construção civil*. Disponível em:< <https://m.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/use-a-tecnologia-para-aumentar-a-produtividade-na-construcao-civil,bc7e424bf57bf410>> acessado em 07 de ago. 2020.

Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014). Smart Factories in Industry 4.0: A Review of the Concept and of Energy Management Approached in Production Based on the Internet of Things Paradigm. In: *International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management IEEM*, Malasia, dez.

Silva, V., Kovalski, J., & Pagani, R. (2019). Technology Transfer and Human Capital in the Industrial 4.0 Scenario: A Theoretical Study. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, 11(1), 102-122.

Silveira Gontijo, T., & Motta Alves, F. (2019). A Bibliometric study on Industry 4.0. *International Journal of Professional Business Review*, 4(2), 35-42.

Simão, A. Dos S., Alcoforado, L. F., Longo, O. C., Santos, D. A., Santos, F. dos., Silva, A. D., Menezes, C. A. G., & Meirelles Júnior, J. C. Impacto da Indústria 4.0 na construção civil brasileira. *Braz. J. of Develop.*, v. 5, n. 10, p. 20130-20145, 2019. DOI: 10.34117/bjdv5n10-210.

Sjödin, D. R., Parida, V., Leksell, M., & Petrovic, A. (2018). Smart Factory Implementation and Process Innovation: A Preliminary Maturity Model for Leveraging Digitalization in Manufacturing Moving to smart factories presents specific challenges that can be addressed through a structured approach focused on people. *Research Technology Management*, v.61, n.5, p.22-31. DOI: 10.1080/08956308.2018.1471277

Sun, S., Zheng, X., Villalba-Díez, J., & Ordieres-Meré, J. (2020). Data handling in industry 4.0: Interoperability based on distributed ledger technology. *Sensors*, v. 20, n.3046. DOI: 10.3390/s20113046

Tahmasebinia, F. M.E., Sepasgozar, S., Shirowzhan, S., Niemela, M., Tripp, A., Nagabhyrava, S., Mansuri, K.K.Z., & Alonso-Marroquin, F. (2020). Criteria development for sustainable construction manufacturing in Construction Industry 4.0: Theoretical and laboratory investigations. *Construction Innovation*, v. 20, n. 3, p. 379-400. DOI: 10.1108/CI-10-2019-0103

Teixeira de Souza, M., & Almada Santos, F. (2020). Operational Skills and Industry 4.0: Systematic Literature Review. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, 12(2), 264-288.

Thoben, Klaus-D., Wiesner, S., & Wuest, T. (2017). "Industrie 4.0" and Smart Manufacturing – A Review of Research Issues and Application Examples. *International Journal of Automation Technology*. v.11, n.1. jan.

Trompisch, P. (2017). The implications of Industry 4.0 on the future of work. *Elektrotechnik & Informationstechnik*, v. 134, n. 7, p. 370–373.

Tupa, J., Simota, J. & Steiner, F. (2017). Aspects of risk management implementation for industry 4.0". *Procedia Manufacturing*, Vol. 11 June, pp. 1223-1230.

Ungerman, O., Dedkova, J. & Gurinova, K. (2018). The impact of marketing innovation on the competitiveness of enterprises in the context of Industry 4.0. *Journal of Competitiveness*, v. 10, n. 2, p. 132-148

Voigt, T. (2016). Standards are Pioneers for Industry 4.0 Dr. Tobias Voigt share common Interface for the Data Transfer from Machine to Machine. *FLEISCHWIRTSCHAFT*, v.96, n.6, p.8-9.

You, Z., & Feng, L. (2020). Integration of Industry 4.0 Related Technologies in Construction Industry: A Framework of Cyber-Physical System. *EEE Access*, v. 8, p. 122908-122922. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3007206.

Zabidin, N. S., Belayutham, S., Ibraim, C., & Khairil, I. C. (2020). Bibliometric and Scientometric mapping of Industry 4.0 in Construction. *Journal of Information Technology in Construction*, v. 25, p. 287-307. DOI: 10.36680/j.itcon.2020.017

Zhan, W., & Pan, W. (2020a). Formulating Systemic Construction Productivity Enhancement Strategies. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 146, n.8, August, p. 25-39.

Zhan, W., Pan, W., & Chen, L. (2020b). Construction project productivity evaluation framework with expanded system boundaries. *Engineering, Construction and Architectural Management*, ahead-of-print(ahead-of-print). DOI: 10.1108/ecam-12-2019-0691.