XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

# Fontes internas de vantagem competitiva vinculadas com a Construção 4.0 em empresas de construção

## Internal sources of competitive advantage associated with Construction 4.0 in construction companies

**Joana Zimmermann**
Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis | Brasil | joana_zim@hotmail.com
**Ricardo Juan José Oviedo-Haito**
Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis | Brasil | ricardo.oviedo.haito@ufsc.br

**Resumo**
*Apesar de os benefícios discutidos na literatura relacionados com a Construção 4.0, pouco se sabe sobre as fontes internas de vantagem competitiva (FIVC) associados com ela. Nesse sentido, objetiva-se caracterizar as FIVC vinculadas com a Construção 4.0 em empresas de construção. Para tanto, conceitos associados com a Construção 4.0 foram extraídos de fontes bibliográficas, analisados, categorizados e ordenados. De tal modo caracterizaram-se dois possíveis caminhos para a obtenção de FIVC relacionadas com a Construção 4.0. Estes caminhos vinculam-se às capacidades obtidas pela industrialização da construção e às capacidades resultantes de recursos e estratégias relativas à Indústria 4.0.*

Palavras-chave: Construção 4.0. Vantagem Competitiva. Industrialização da Construção.

**Abstract**
*Despite the benefits discussed in the literature associated with Construction 4.0, little is known about the internal sources of competitive advantage (FIVC) related to Construction 4.0 in construction companies. In this sense, the objective is to characterize the FIVC linked to Construction 4.0 in construction companies. To this end, concepts associated with Construction 4.0 were extracted from bibliographic sources, analyzed, categorized, and sorted. In this way, two possible ways to obtain FIVC related to Construction 4.0 were characterized. These paths are linked to the capabilities obtained by the industrialization of construction and the capabilities resulting from resources and strategies related to Industry 4.0.*

Keywords: Construction 4.0. Competitive Advantage. Industrialization of Construction.

Como citar:
ZIMMERMANN, J.; OVIEDO-HAITO, R. J. J. Fontes internas de vantagem competitiva vinculadas com a Construção 4.0 em empresas de construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-13.

## INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O setor de construção é um dos maiores da economia mundial, com cerca de US $ 10 trilhões (aprox. 13% do PIB) gastos em bens e serviços relacionados à construção todos os anos [1]. Porém, este setor ainda se mostra com dificuldades em aumentar a sua produtividade, elevar níveis de desempenho e diminuir falhas [2]. Estas dificuldades estão vinculadas com o fato de que a maior parte das empresas ainda oferece produtos e serviços convencionais e opera mediante o uso de métodos manuais [3].

Em contraposição tem-se o novo paradigma da Indústria 4.0. Nele, o uso de determinadas tecnologias resulta em sistemas cíber-físicos, inteligentes e conectados, capazes de criar valor nas atividades industriais [4][5]. Esta criação de valor se dá em quatro proposições: monitoramento, comando, otimização e autonomia [6], diferenciadas segundo o grau de autonomia alcançado. Deste modo, características da Indústria 4.0 possuem o potencial de aumentar o nível de organização nas empresas, mediante sistemas inteligentes que integram e conectam tecnologias aos processos de produção. Dentre seus benefícios encontram-se a criação de um ambiente mais inovador, maior sustentabilidade, economia em termos de custos e tempo, melhor colaboração e comunicação e o aumento do foco no cliente [7].

A incorporação deste novo cenário tecnológico ao setor pode resultar na Construção 4.0, considerada como a adoção e implantação das características da Indústria 4.0 na construção [5][8]. Deste modo, a Construção 4.0 tende a aumentar a produtividade e rentabilidade no desenvolvimento do setor [9], mediante a integração de tecnologias digitais à cadeia de valor dos seus serviços [10]. Nesse sentido, manifesta-se como o maior grau de industrialização da construção da atualidade. Entende-se a industrialização da construção como uma evolução da construção tradicional que busca a implementação de inovações tecnológicas para melhorar a produtividade e o desempenho nas atividades da construção [11][12]. Portanto, industrializar a construção é aumentar a organização dos serviços e processos construtivos com auxílio de métodos e técnicas mais eficientes.

As principais características da Construção 4.0 conforme as definições de quatro autores [5][7][8][13] indicam-se no Quadro 1.

**Quadro 1: Conceitos principais vinculados com a definição de Construção 4.0 segundo quatro autores.**

| | [5] | [7] | [8] | [13] |
|---|---|---|---|---|
| Sistemas cíber-físicos | | X | | |
| *Internet of Things* | | X | | |
| Digitalização | X | | X | X |
| Industrialização | | | | X |
| Automatização | X | | X | |
| Mudanças tecnológicas | | | X | X |
| Inovação | | | | X |
| Novos métodos de trabalho | | | | X |
| Integração | | X | | |

Fonte: os autores.

Considerando os conceitos incluídos no Quadro 1, a Construção 4.0 vincula-se com sistemas cíber-físicos, *Internet of Things,* digitalização, industrialização,

automatização, mudanças tecnológicas, inovação, novos métodos de trabalho e integração. Em vista disso, a Construção 4.0 tem a proposta de digitalizar os processos e serviços da construção civil de forma a se tornarem inteligentes e autônomos.

A implementação das características vinculadas com a Construção 4.0 está associada a novos recursos e capacidades nas empresas. Nesse sentido, recursos são meios que a empresa possui e controla e que, através de outros ativos como tecnologias e sistemas de informação, são convertidos em produtos e serviços [14]. Quando estes recursos são valiosos, raros, difíceis de serem imitados e substituídos efetivam-se como potenciais vantagens competitivas [15]. Por outro lado, as capacidades são competências específicas da empresa para implantar seus recursos e atingir um objetivo final desejado, podendo se tornar fontes de vantagem competitiva [14][16].

A criação e manutenção da vantagem competitiva é baseada em estratégias. Estas podem ser descritas como um plano, perspectiva, padrão ou posicionamento [17]. Nesse sentido, a vantagem competitiva é o benefício obtido com a implementação de alguma estratégia única de criação de valor [18]. Em uma empresa, a vantagem competitiva está relacionada com as suas principais competências e tem como base a eficiência operacional e o posicionamento estratégico diferenciado [6][17]. Ou seja, a vantagem competitiva pode ser obtida pela empresa ao realizar atividades de forma eficiente e/ou produzir algo diferente em relação aos seus competidores no mercado.

A vantagem competitiva origina-se nas forças internas da empresa e externas, da indústria [15]. As forças internas baseiam-se nos recursos da empresa [14][15]. Por outro lado, a perspectiva externa considera a atuação de concorrentes e demais agentes do mercado, permitindo que a empresa desenvolva e/ou reconheça recursos particulares [18]. Nesse sentido, a vantagem competitiva pode ser obtida mediante estratégias que: exploram suas forças internas em vista das oportunidades externas do mercado; neutralizam ameaças externas e mitigam vulnerabilidades oriundas de fraquezas internas [15]. Portanto, a vantagem competitiva é uma consequência das estratégias adotadas que, portanto, devem estar alinhadas com as características internas da empresa e com a situação externa, do mercado.

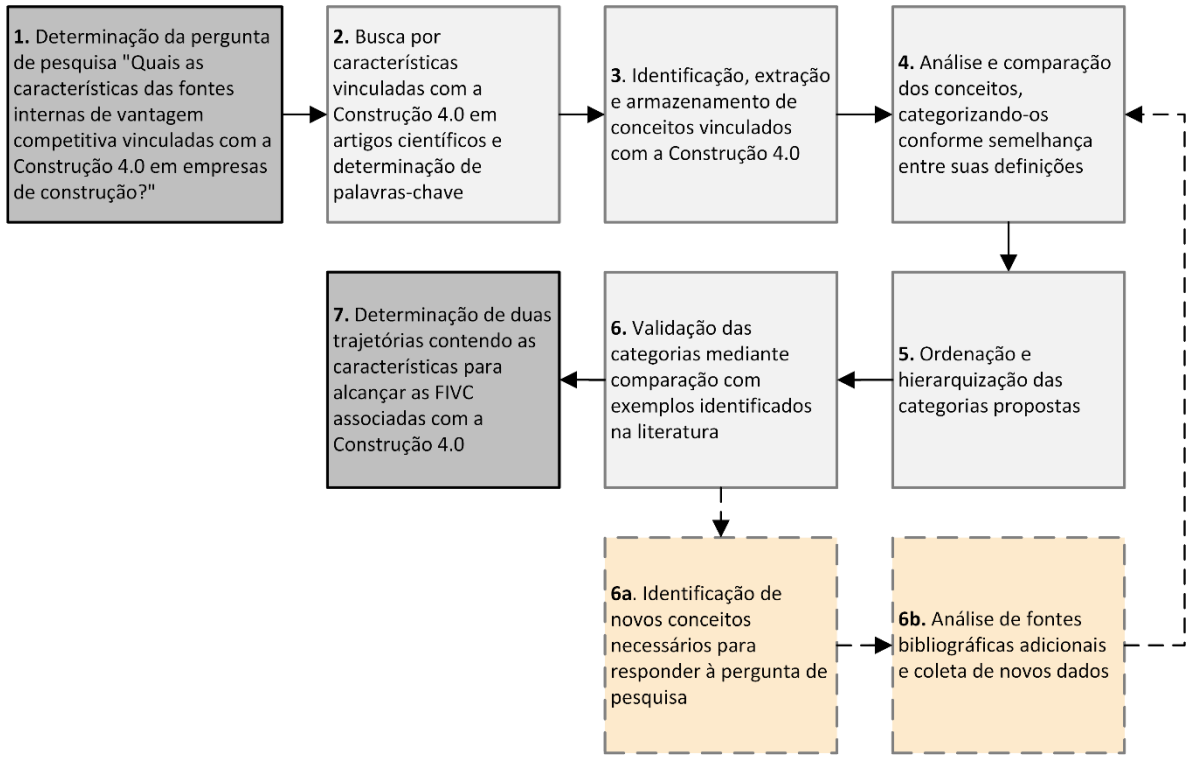
Apesar de existirem estudos sobre as características da Construção 4.0, poucos analisam como estas permitem às empresas de construção obterem vantagens competitivas. Diante disso, este documento objetiva caracterizar as fontes internas de vantagem competitiva vinculadas com a Construção 4.0 em empresas de construção.

## METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia de pesquisa baseou-se nos principais passos de uma pesquisa qualitativa [19][20], conforme apresentado na Figura 1, buscando responder à pergunta: “Quais as características das fontes internas de vantagem competitiva vinculadas com a Construção 4.0 em empresas de construção?”. Desse modo, inicialmente buscaram-se características e conceitos associados com a Construção 4.0 em artigos científicos. Usaram-se, para tanto, conjuntos de palavras-chave associadas às definições de Construção 4.0 levantadas no Quadro 1, por exemplo: *Construction*

*4.0*, *Industry 4.0*, *Digitalization* e *Automation.* A partir de estas palavras-chave selecionaram-se, preliminarmente, 15 artigos científicos procurados na plataforma *Google Scholar*. Com base neste conjunto extraíram-se conceitos relacionados com a Construção 4.0, cujas definições armazenaram-se em uma planilha eletrônica (https://docs.google.com/spreadsheets/d/1tRl1XZDWcQpl5sl73DllOVclgOaTi72EeD2xp0U4jq8/).

**Figura 1: Passos da metodologia de pesquisa**




Fonte: os autores, a partir de [19][20].

A análise realizou-se por comparação, em três etapas (passos 4, 5 e 6 da Figura 1). No passo 4, agruparam-se conceitos em categorias conforme à similitude entre as suas definições. Por exemplo, o conceito de digitalização, definido como a conversão de informações analógicas em qualquer formato digital [21] e o conceito de servitização digital, definido como a utilização de tecnologias digitais para criar e acrescentar valor na adição de serviços [22], caracterizam-se como processos organizacionais a partir do uso de recursos inteligentes, que podem ser utilizados por empresas, visando potenciais benefícios. Tal similitude foi utilizada como critério de categorização Nesse sentido, conceitos como "digitalização", "servitização" e "servitização digital" agruparam-se como "processo organizacional". Desta forma, o conjunto de conceitos extraídos classificou-se em cinco categorias principais, sendo elas: Construção industrializada, Recursos inteligentes, Estratégias baseadas em sistemas de produtos e serviços, Capacidades relativas à Construção 4.0 e Fontes internas de vantagem competitiva. Os critérios de categorização destas categorias constam no Quadro 2.

No passo 5 identificou-se a relação hierárquica entre estas, emergindo a prelação da categoria "Fontes Internas de vantagem competitiva". Para tanto, as categorias compararam-se e organizaram-se em ordem lógica, a partir de suas relações de causa-

efeito. Desta maneira, entendeu-se que estas categorias, e os conceitos a elas atribuídos, contribuíam para as FIVC.

**Quadro 2 – Categorias principais identificadas e critérios de classificação usados**

| Categoria principal | Critério de categorização | Exemplos de conceitos atribuídos |
|---|---|---|
| Construção industrializada | Agrupa métodos de construção relativos a formas de organização mais eficientes (entre elas) e dependentes de materiais e componentes com potencial de inovação, produzidos fora do canteiro ou de forma inovadora nele. | Construção *offsite* |
| Recursos inteligentes | Agrupa tecnologias que, mediante processos organizacionais, habilitam características inteligentes, buscando automatização nas operações. | *Internet of Things* |
| Estratégias baseadas em sistemas de produtos e serviços | Agrupa estratégias vinculadas ao uso ou desenvolvimento de produtos e serviços como partes de sistemas que integram dados, utilizados por empresas para adquirir maior autonomia e integração em seus processos | Sistemas cíber-físicos (*Cyber physical systems*) |
| Capacidades relativas à Construção 4.0 | Agrupa capacidades vinculadas com a Indústria 4.0 e capacidades da construção industrializada. A segunda relaciona-se a habilidades e benefícios obtidos a partir de melhorias nas operações físicas da construção. A primeira vincula-se com a maior independência na tomada de decisões com relação a operadores humanos. | Autonomia |
| Fontes Internas de vantagem competitiva | Agrupa os conceitos de eficiência operacional e diferenciação, relativos à potencial contribuição dos recursos e capacidades de uma empresa para habilitar benefícios no mercado. | Customização |

Fonte: os autores.

No passo 6, validação, testaram-se esta composição de categorias e a sua hierarquização, comparando-as com exemplos -obtidos da literatura- de serviços da construção civil que incorporam tecnologias da Indústria 4.0. Desta forma, verificou-se o enquadramento das características destes serviços com as características dos conceitos vinculados com a Construção 4.0 levantados nesta pesquisa. Para tanto, um exemplo utilizado foi o serviço de Segurança 4.0, que consiste em "*Monitorar... as condições de segurança dos trabalhadores no canteiro de obras por meio de sensores alocados em cintos que capturam informações, as levam a uma central de monitoramento e alerta presente em um dispositivo mobile (como tablets) que processa os dados e gera relatórios que versam sobre segurança, ocorrência de queda-livre, localizações de pessoas e equipamentos e alarme de segurança, insumos para inferência e decisões dos stakeholders."* [23]. Este exemplo permite observar a hierarquia das características necessárias, onde a incorporação de recursos inteligentes e sistemas cíber-físicos (p.ex., sensores em processos conectados -servitização digital-) confere a capacidade de monitoramento para executar tal serviço de forma mais eficiente (característica identificada como FIVC). Dessa forma validou-se também a ordenação das categorias.

Durante as etapas de análise, ordenação e validação, detectou-se a necessidade de complementar conceitos e subcategorias. Desta maneira, a) identificaram-se novos conceitos necessários para responder à pergunta de pesquisa e, para tanto, b) analisaram-se outras fontes bibliográficas e coletaram-se novos conceitos. Para a seleção destas fontes adicionais utilizou-se o método de amostragem em cadeia, caracterizado por identificar novos casos de interesse a partir de casos ricos em

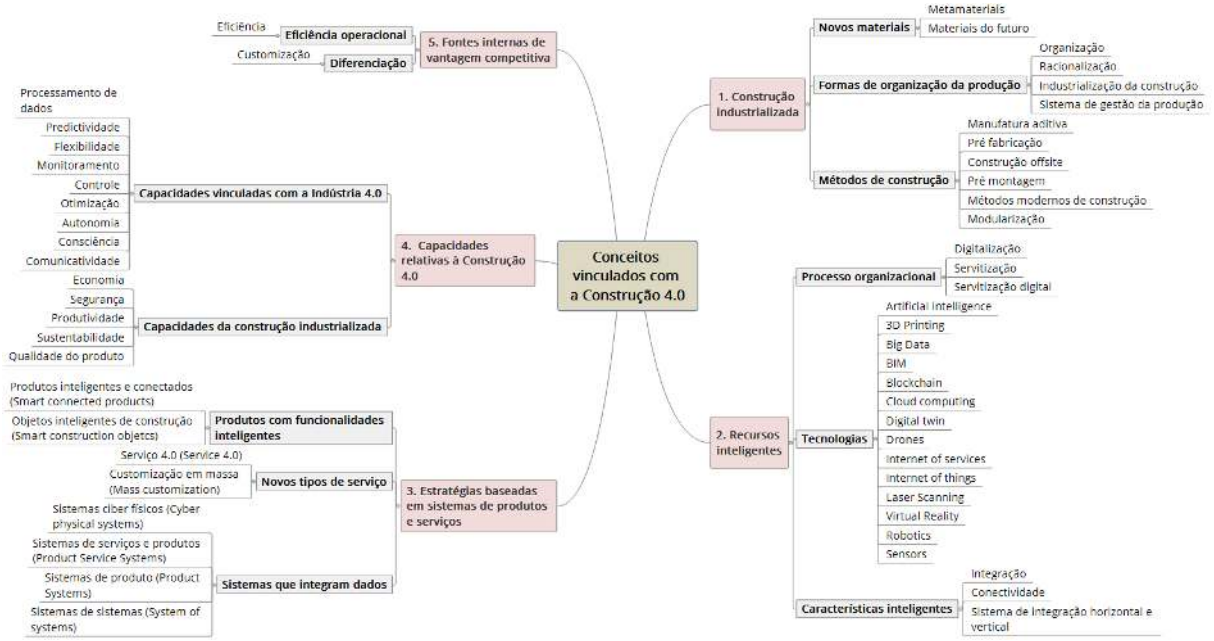
informações [24]. Ou seja, identificaram-se novas fontes de estudo a partir das referências citadas nos artigos lidos sobre o assunto de interesse. Como decorrência, ao fim deste processo consultaram-se 40 artigos científicos [4–8][11–13][21][25–55].

Como resultado da comparação dos conceitos, sua posterior categorização, ordenação, hierarquização e validação, identificaram-se dois caminhos para alcançar as FIVC, mostrados no item seguinte.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados emergiram a partir da hierarquização de 56 conceitos, oriundos da literatura, vinculados com a Construção 4.0. Estes conceitos classificaram-se em cinco categorias principais: 1) Construção industrializada, 2) Recursos inteligentes, 3) Estratégias baseadas em sistemas de produtos e serviços, 4) Capacidades relativas à Construção 4.0, e 5) Fontes internas de vantagem competitiva (FIVC). A Figura 2 indica estas categorias, suas subdivisões e conceitos atrelados.

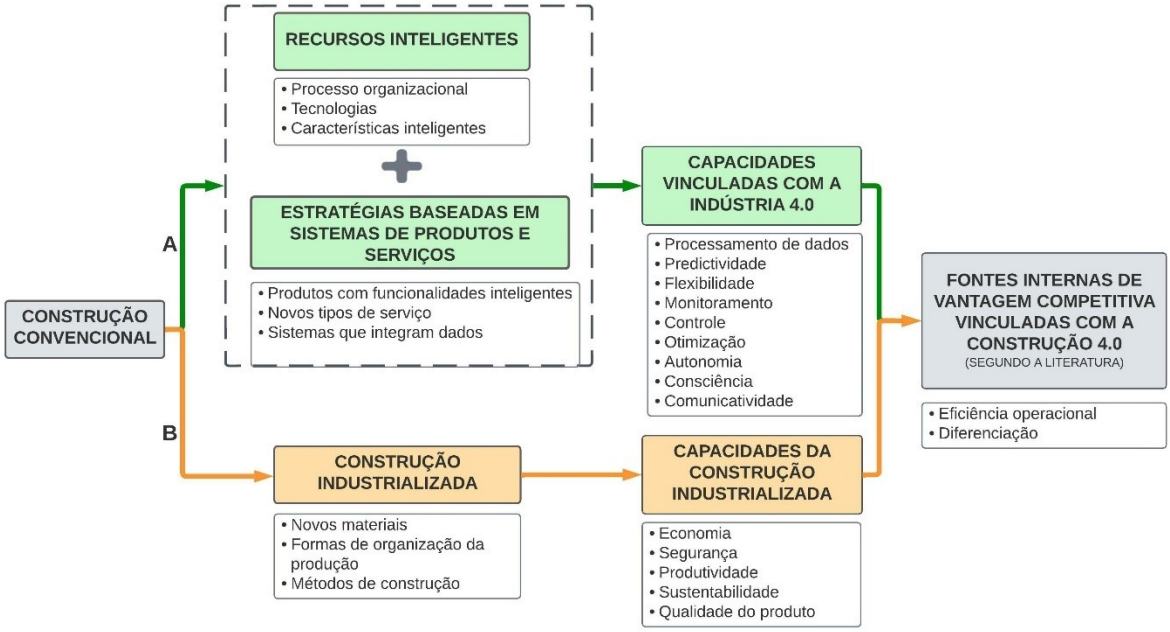
**Figura 2 – Categorização dos conceitos vinculados com a Construção 4.0**




Fonte: os autores.

Identificou-se que, ao relacionar as categorias e seus componentes mostrados na Figura 2, os benefícios atrelados à Construção 4.0 (e, portanto, potenciais vantagens competitivas) resultam de categorias relativas à a) organização mais eficiente da construção, e b) implementação de estratégias para empresas desenvolverem maior autonomia e integração em seus processos. Em outras palavras, as categorias 1 a 4 têm o potencial de produzir eficiências operacionais ou diferenciar a empresa em relação aos seus concorrentes, configurando-se como FIVC (categoria 5). Nesse sentido, os conceitos levantados ordenaram-se em duas trilhas, A e B, conforme se apresenta na Figura 3. Nela, mostra-se que o conjunto dos conceitos indica caminhos diferentes para alcançar os benefícios vinculados com a Construção 4.0.

**Figura 3: Caminhos que conduzem a fontes internas de vantagem competitiva associadas à Construção 4.0.**




Fonte: os autores.

O primeiro caminho (A) é caracterizado pela implementação das práticas e tecnologias da Indústria 4.0 na construção. Para tanto, utilizam-se recursos inteligentes e estratégias baseadas em sistemas de produtos e serviços dentro da construção convencional. Esta utiliza recursos inteligentes como tecnologias e processos digitais. Com este uso, junto com sistemas cíber-físicos que integram dados e permitem conexão entre produtos e serviços, adquirem-se determinadas capacidades. Estas capacidades da Construção 4.0, tais como processamento, monitoramento e autonomia, por exemplo, possibilitam a eficiência operacional e diferenciação dos produtos e serviços oferecidos pela empresa.

Um exemplo inclui aos serviços vinculados com o levantamento e monitoramento de dados em campo mediante o uso de Drones. Para [23], estes consistem na "*captura de informações por meio de sensores acoplados em dispositivo aéreo, tratamento desses dados, modelagem e extração de informações que são úteis de acordo com o objetivo principal do serviço*". Para tal autora, nestes serviços, o valor entregue aos usuários encontra-se na realização semiautônoma de "*um mapeamento, uma pesquisa das condições de determinado edifício já construído ou a documentação do progresso de uma construção*". Estes tipos de serviços vinculados às capacidades da Indústria 4.0 têm o potencial de substituir serviços tradicionalmente ofertados na construção, como os de "*fiscalização, monitoramento e acompanhamento de obra*" [55].

Não obstante, na concepção de [6], este tipo de ofertas de serviços encontram-se entre as proposições de criação de menor valor vinculadas com a Indústria 4.0, pois distanciam-se da autonomia pretendida nela. Neste sentido, ao estudar os serviços oferecidos pelas *startups* da construção brasileira (*Construtechs* e *Proptechs*), [56] encontraram que poucas empresas (33 de 222 empresas estudadas) ofertam serviços

vinculados aos conceitos da Indústria 4.0 na construção. Tais autores constataram que a oferta atual de serviços se limita aos de levantamento de dados e monitoramento.

O segundo caminho (B) refere-se à migração da construção convencional para uma construção mais industrializada, ou seja, menos dependente de atividades no canteiro de obras. Dessa forma, podem-se utilizar métodos modernos de construção, como modularização e construção *offsite*, materiais do futuro e melhorar a gestão da construção para adquirir capacidades como redução de custo, melhor produtividade, qualidade e segurança. Logo, devido ao maior grau de organização em seus processos, uma construção industrializada consegue obter vantagens internas em função da eficiência em suas operações e diferenciação em seus serviços.

De tal modo, o caminho B é insuficiente para migrar a construção convencional para as capacidades associadas com a Construção 4.0, conforme se evidenciou no caminho A. Neste nota-se que, para caracterizar uma Construção 4.0, é necessário atingir novas capacidades a partir da implementação do conjunto de recursos inteligentes e estratégias baseadas em sistemas de produtos e serviços, o que vai ao encontro do defendido por [7]. Portanto, a aplicação das práticas da Indústria 4.0 na construção vincula-se à utilização do conjunto de recursos inteligentes e estratégias, e não somente à implementação de algum dos seus componentes.

Nesse sentido, as vantagens dos caminhos A e B somente se agregam quando da substituição de operações físicas da produção, na chamada construção autônoma [57], como é o caso da Impressão 3D ou no emprego de robôs. Um exemplo encontra-se no serviço "*Wall As A Service*" [23]. Este consiste na construção de paredes ou rebocos de forma autônoma através de robôs e de um modelo CAD 3D ou BIM. "*Nele, os serviços de construção e estucagem (revestimento) de paredes são executados através de robôs que automatizam tarefas anteriormente executadas por trabalhadores em canteiros de obras".* Para tal autora, o valor entregue aos usuários encontra-se em: *"o aumento da produtividade, o aumento da segurança dos trabalhadores, a qualidade e precisão do serviço, a economia, e a disponibilidade para o trabalho. Neste caso, é alcançado um grau de autonomia relevante no serviço*".

Finalmente, neste trabalho evidenciou-se que o conceito de Construção 4.0, e assim as FIVC associadas a ela, compõe-se de características relativas à Indústria 4.0 e de características próprias da construção industrializada. Nesse sentido, a Indústria 4.0 está associada à integração dos mundos digital e físico, habilitada pelo uso de sistemas cíber-físicos [6][7][55], na busca de níveis cada vez maiores de autonomia [6][57]. Complementarmente, os conceitos vinculados com a Construção 4.0 associam-se também com a necessidade de alcançar maiores patamares de eficiência na produção, baseados no uso de produtos e sistemas industrializados e na industrialização dos seus processos de produção, conforme discutido por [12]. Não obstante, em outras indústrias, este cenário de industrialização da produção corresponderia à terceira revolução industrial [55]. Isto corrobora a lacuna tecnológica entre a indústria da construção civil para com os outros setores da economia, evidenciada em aspectos como a diferença de produtividade entre tais setores industriais [1].

## CONCLUSÃO

A vantagem competitiva em empresas resulta de suas fontes internas e externas. Nesta pesquisa avaliaram-se as fontes de vantagem competitiva internas associadas com a Construção 4.0, relativas a empresas de construção. Para tanto, analisaram-se 56 conceitos vinculados com 5 categorias, a saber: Construção industrializada, Recursos inteligentes, Estratégias baseadas em sistemas de produtos e serviços, Capacidades relativas à Construção 4.0 e Fontes internas de vantagem competitiva. Como resultado, identificaram-se dois caminhos que conduzem a fontes internas de vantagem competitiva associadas à Construção 4.0.

O primeiro caminho (A) resulta da incorporação, nas atividades convencionais de uma empresa, de recursos e estratégias associados com a Indústria 4.0, visando o aumento da autonomia nas operações. Adicionalmente, o segundo caminho (B) vincula-se com a industrialização da construção, diminuindo a dependência das operações no canteiro de obras. Estes caminhos somente se agregam quando da chamada construção autônoma, substituindo operações tradicionalmente desenvolvidas pela mão de obra no canteiro de obras.

Nesta perspectiva, esta caracterização contribui, na academia, com a identificação de fontes internas de vantagem competitiva nas empresas do setor. Adicionalmente, esta colabora na prática ao explicitar caminhos vinculados ao ganho em capacidades que constituem fatores de diferenciação e eficiência vinculadas com a construção.

Finalmente, a obtenção de vantagens competitivas também depende das características e da dinâmica da indústria aonde as empresas de construção atuam. Em vista disso sugere-se ampliar a análise considerando fatores externos à empresa que afetam a obtenção de vantagem competitiva, como influência dos concorrentes, fornecedores, clientes e novos entrantes. Deste modo, completar-se-ia a caracterização das fontes de vantagem competitiva destas empresas vinculadas com os conceitos e práticas associados com a Construção 4.0.

## REFERÊNCIAS


[1] BARBOSA, F.; WOETZEL, J.; MISCHKE, J.; RIBEIRINHO, M.J.; SRIDHAR, M.; PARSONS, M. **Reinventing construction: A route to higher productivity**. McKinsey Global Institute. 2017. Disponível em: https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution. Acesso em: 20 fevereiro 2022.

[2] ARMSTRONG, G.; GILGE, C. **Make it, or break it: Reimagining governance, people and technology in the construction industry**. KPMG 2017. Disponível em: https://advisory.kpmg.us/articles/2017/make-it-or-break-it.html. Acesso em: 30 maio 2022.

[3] WORLD ECONOMIC FORUM. **Future of Construction**. World Economic Forum. 2016. Disponível em: https://www.weforum.org/projects/future-of-construction. Acesso em 25 maio 2022.

[4] FRANK, A.G.; MENDES, G.H.S.; AYALA, N.F.; GHEZZI, A. Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation

perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 141, p. 341–351, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.014.

[5] MUÑOZ-LA RIVERA, F.; MORA-SERRANO, J.; VALERO, I.; OÑATE, E. Methodological-Technological Framework for Construction 4.0. **Archives of Computational Methods in Engineering**, v. 28, n. 2, p. 689–711, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s11831-020-09455-9.

[6] PORTER, M.E.; HEPPELMANN, J.E. How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. **Harvard Business Review**, v. 92, n. 11, p. 64–88, 2014.

[7] SAWHNEY, A.; RILEY, M.; IRIZARRY, J. Construction 4.0: An Innovation Platform for the Built Environment. **Routledge**; 2020. DOI: https://doi.org/10.1201/9780429398100.

[8] CRAVEIRO, F.; DUARTE, J.P.; BARTOLO, H.; BARTOLO, P.J. Additive manufacturing as an enabling technology for digital construction: A perspective on Construction 4.0. **Automation in Construction**, v. 103, p. 251–267, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.011.

[9] ZABIDIN, N.S.; BELAYUTHAM, S.; IBRAHIM, C.K.I.C. A bibliometric and scientometric mapping of Industry 4.0 in construction. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 25, n. 17, p. 287–307, 2020. DOI: https://doi.org/10.36680/j.itcon.2020.017.

[10] OESTERREICH, T.D.; TEUTEBERG, F. Understanding the implications of digitisation 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**, v. 83, p. 121–139, 2016. DOI: 10.1016/j.compind.2016.09.006.

[11] QI, B.; RAZKENARI, M.; COSTIN, A.; KIBERT, C.; FU, M. A systematic review of emerging technologies in industrialized construction. **Journal of Building Engineering**, v. 39, p. 102265, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102265.

[12] SABBATINI, F.H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo, 1989.

[13] FORCAEL, E.; FERRARI, I.; OPAZO-VEJA, A.; PULIDO-ARCAS, J.A. Construction 4.0: A Literature Review. **Sustainability**, v. 12, n. 22, p. 9755, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/su12229755.

[14] AMIT, R., SCHOEMAKER, P.J.H. Strategic assets and organizational rent. **Strategic Management Journal, v.** 14, n. 1, p. 33–46, 1993. DOI: https://doi.org/10.1002/smj.4250140105.

[15] BARNEY, J. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. **Journal of Management,** v. 17, n. 1, p. 99–120, 1991. DOI: https://doi.org/10.1177/014920639101700108.

[16] TEECE, D.J.; PISANO, G.; SHUEN, A.; Dynamic capabilities and strategic management. **Strategic Management Journal**, v. 18, n. 7, p. 509–533, 1997. DOI: https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z.

[17] MINTZBERG, H. **The Fall and Rise of Strategic Planning**. Harvard Business Review. 1994. Disponível em: https://hbr.org/1994/01/the-fall-and-rise-of-strategic-planning. Acesso em: 20 maio 2022.

[18] HOFFMAN, N.P. An Examination of the "Sustainable Competitive Advantage" Concept: Past, Present, and Future. **Academy of Marketing Science Review**, v. 4, p. 16, 2000.

[19] CRESWELL, J.W. **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches**. 3 ed.: SAGE Publications, 2009.

[20] BRYMAN, A. **Social Research Methods**. 3. ed.: Oxford University Press, 2008.

[21] NG, I.C.L.; WAKENSHAW, S.Y.L. The Internet-of-Things: Review and research directions. **International Journal of Research in Marketing**, v. 34, n. 1, p. 3–21, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2016.11.003.

[22] PASCHOU, T.; RAPACCINI, M.; ADRODEGARI, F.; SACCANI, N. Digital servitization in manufacturing: A systematic literature review and research agenda. **Industrial Marketing Management**, v. 89, p. 278–292, 2020. DOI: 10.1016/j.indmarman.2020.02.012.

[23] BRITO, J.T.S. **Caracterização dos serviços 4.0 na construção civil. São Paulo**. Escola Politécnica - Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2021. Disponível em: https://docs.google.com/document/d/1AqfBLtoA7d6_nXmCAS6xXPQ1Vy_jmlQc/edit#. Acesso em: 06 ago. 2022.

[24] PATTON, M.Q. **Qualitative evaluation and research methods**. 2. ed. Thousand Oaks, CA, US: Sage Publications, Inc, 1990.

[25] PIROLA, F.; BOUCHER, X.; WIESNER, S.; PEZZOTTA, G. Digital technologies in product-service systems: a literature review and a research agenda. **Computers in Industry**, v. 123, p. 103301, 2020. DOI: 10.1016/j.compind.2020.103301.

[26] LEE, J.; KAO, H-A.; YANG, S. Service Innovation and Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment. **Procedia CIRP**, v. 1, p. 3–8, 2014. https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001.

[27] KOHTAMÄKI, M.; PARIDA, V.; PATEL, P.C.; GEBAUER, H. The relationship between digitalization and servitization: The role of servitization in capturing the financial potential of digitalization. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 151, p. 119804, 2020. DOI: 10.1016/j.techfore.2019.119804.

[28] NIU, Y.; LU, W.; CHEN, K.; HUANG, G.G.; ANUMBA, C. Smart Construction Objects. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 30, n. 4, p. 04015070, 2016. DOI: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000550.

[29] GOULDING, J.; NADIM, W.; PETRIDIS, P.; ALSHAWI, M. Construction industry offsite production: A virtual reality interactive training environment prototype. **Advanced Engineering Informatic**s, Net**work and Supply Chain System Integration for Mass Customization and Sustainable Behavior**, v. 26, n. 1, p. 103–116, 2012. DOI: 10.1016/j.aei.2011.09.004.

[30] NEGRI, E.; FUMAGALLI, L.; MACCHI, M. A Review of the Roles of Digital Twin in CPS-based Production Systems. **Procedia Manufacturing**, 27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017, 27-30 June 2017, Modena, Italy, v. 11, p. 939–948, 2017. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.07.198.

[31] PASCHOU, T.; ADRODEGARI, F.; RAPACCINI, M.; SACCANI, N.; PERONA, M. Towards Service 4.0: a new framework and research priorities. **Procedia CIRP**, 10th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems, IPS2 2018, 29-31 May 2018, Linköping, Sweden, v. 73, 1, p. 148–154, 2018. DOI: 10.1016/j.procir.2018.03.300.

[32] LI, J.; KASSEM, M.; CIRIBINI, A.l.; BOLPAGNI, M. A Proposed Approach Integrating DLT, BIM, IoT and Smart Contracts: Demonstration Using a Simulated Installation Task. Em: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART INFRASTRUCTURE AND CONSTRUCTION 2019 (ICSIC) 2019, **Anais** [...]. : ICE Publishing, 2019. p. 275–282. DOI: 10.1680/icsic.64669.275. Disponível em: https://www.icevirtuallibrary.com/doi/full/10.1680/icsic.64669.275. Acesso em: 6 maio. 2022.

[33] PAN, M.; LINNER, T.; PAN, W.; CHENG, H.; BOCK, T. Structuring the context for construction robot development through integrated scenario approach. **Automation in Construction**, v. 114, p. 103174, 2020. DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103174.

[34] LI, J.; YANG, H. A Research on Development of Construction Industrialization Based on BIM Technology under the Background of Industry 4.0. **MATEC Web Conferences**, v.100, p. 02046,2017. https://doi.org/10.1051/matecconf/201710002046.

[35] ERNSTSEN, S.N.; WHYTE, J.; THUESEN, C.; MAIER, A. How Innovation Champions Frame the Future: Three Visions for Digital Transformation of Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 147, n. 1, p. 05020022, 2021. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001928.

[36] CAMACHO, D.D.; CLAYTON, P.; O'BRIEN, W.J.; SEEPERSAD, C.; JUENGER, M.; FERRON, R.; SALAMONE, S. Applications of additive manufacturing in the construction industry – A forward-looking review. **Automation in Construction**, v. 89, p. 110–119, 2018. DOI: 10.1016/j.autcon.2017.12.031.

[37] SAN, K.M.; CHOY, C.F.; FUNG, W.P. The Potentials and Impacts of Blockchain Technology in Construction Industry: A Literature Review. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 495, p. 012005, 2019. DOI: 10.1088/1757-899X/495/1/012005.

[38] KIM, S.-K; RUSSELL, J.S. Framework for an intelligent earthwork system: Part I. System architecture. **Automation in Construction**, v. 12, n. 1, p. 1–13, 2003. DOI: 10.1016/S0926-5805(02)00034-1.

[39] BENINGER, S.; ROBSON, K. The disruptive potential of drones. **Marketing Letters**, v. 31, n. 4, p. 315–319, 2020. DOI: 10.1007/s11002-020-09542-8.

[40] ZHANG, C.; ARDITI, D. Automated progress control using laser scanning technology. **Automation in Construction**, v. 36, p. 108–116, 2013. DOI: 10.1016/j.autcon.2013.08.012.

[41] REHSE, O.; HOFFMAN, S.; KOSANKE, C. **Tapping into the Transformative Power of Service 4.0**. 2021. Disponível em: https://www.bcg.com/publications/2016/tapping-into-the-transformative-power-of-service-4. Acesso em: 14 mar. 2022.

[42] PENA-RIOS, A.; HAGRAS, H.; OWUSU, G.; GARDNER, M. Furthering Service 4.0: Harnessing Intelligent Immersive Environments and Systems. **IEEE Systems, Man, and Cybernetics Magazine**, v. 4, n. 1, p. 20–31, 2018. DOI: 10.1109/MSMC.2017.2769199.

[43] KUHLENKÖTTER, B.; WILKENS, U.; BENDER, B.; ABRAMOVICI, M.; SÜSSE, T.; GÖBEL, J.; HERZOG, M.; HYPKI, A.; LENKENHOFF, K. New Perspectives for Generating Smart PSS Solutions – Life Cycle, Methodologies and Transformation. **Procedia CIRP**, 9th CIRP IPSS Conference: Circular Perspectives on PSS, v. 64, p. 217–222, 2017. DOI: 10.1016/j.procir.2017.03.036

[44] KAMAR, K.A.M.; HAMID, Z.A.; AZMAN, M.N.A.; AHAMAD, M.S.S. Industrialized Building System (IBS): Revisiting Issues of Definition and Classification. **International journal of emerging sciences**, v. 1, n. 2, p. 120–132, 2011.

[45] RUDBERG, M.; WIKNER, J. Mass customization in terms of the customer order decoupling point. **Production Planning & Control**, v. 15, n. 4, p. 445–458, 2004. DOI: 10.1080/0953728042000238764.

[46] PAOLETTI, I. Mass Customization with Additive Manufacturing: New Perspectives for Multi Performative Building Components in Architecture. **Procedia Engineering**, International High-Performance Built Environment Conference – A Sustainable Built Environment Conference 2016 Series (SBE16), iHBE 2016, v. 180, p. 1150–1159, 2017. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.275.

[47] SCHOENWITZ, M.; NAIM, M.; POTTER, A. The nature of choice in mass customized house building. **Construction Management and Economics**, v. 30, n. 3, p. 203–219, 2012. DOI: 10.1080/01446193.2012.664277.

[48] REN, X.; DAS, R.; TRAN, P.; NGO, T.D.; XIE, Y.M. Auxetic metamaterials and structures: a review. **Smart Materials and Structures**, v. 27, n. 2, p. 023001, 2018. DOI: 10.1088/1361-665X/aaa61c.

[49] KAMALI, M; HEWAGE, K. Life cycle performance of modular buildings: A critical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 62, p. 1171–1183, 2016. DOI: 10.1016/j.rser.2016.05.031.

[50] NABONI, R.; MIRANTE, L. Metamaterial computation and fabrication of auxetic patterns for architecture. Em: ANAIS DO XIX CONGRESSO DA SOCIEDADE IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL 2015 2015, Florianópolis, Brasil. **Anais** [...]. Florianópolis, Brasil: Editora Edgard Blücher, 2015. p. 129–136. DOI: 10.5151/despro-sigradi2015-30268. Disponível em: http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/22310. Acesso em: 24 abr. 2022.

[51] SCHUH, G.; ANDERL, R.; GAUSEMEIER, J.; HOMPEL, M.; WAHLSTE, W. **Industrie 4.0 Maturity Index – Managing the Digital Transformation of Companies. Acatech - National Academy of Science and Engineering**, 2020. Disponível em: https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-maturity-index-managing-the-digital-transformation-of-companies/. Acesso em: 11 jun. 2022.

[52] GERHARD, G. Industrialization in Building Construction: Production Technology or Management Concept? Em: PROCEEDINGS OF THE 11TH JOINT CIB INTERNATIONAL SYMPOSIUM: COMBINING FORCES - ADVANCING FACILITIES MANAGEMENT AND CONSTRUCTION THROUGH INNOVATION 2005, Helsinki (Finland). **Anais** [...]. Helsinki (Finland): CIB - International Council for Research and Innovation in Building and Construction, 2005. DOI: 10.3929/ETHZ-A-005999115. Disponível em: http://hdl.handle.net/20.500.11850/69693. Acesso em: 4 ago. 2022.

[53] SACKS, R.; BRILAKIS, I.; PIKAS, E.; XIE, H.S.; GIROLAMI, M. Construction with digital twin information systems. **Data-Centric Engineering**, v. 1, 2020. DOI: 10.1017/dce.2020.16. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/journals/data-centric-engineering/article/construction-with-digital-twin-information-systems/C88A0AE68BBA09517D7534B9DBE24FEF. Acesso em: 4 ma. 2022.

[54] MARCON, E.; SOLIMAN, M.; GERSTLBERGER, W.; FRANK, A.G. Sociotechnical factors and Industry 4.0: an integrative perspective for the adoption of smart manufacturing technologies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2021. DOI: 10.1108/JMTM-01-2021-0017. Disponível em: https://doi.org/10.1108/JMTM-01-2021-0017. Acesso em: 10 fev. 2022.

[55] OVIEDO-HAITO, R.J.J.; MORATTI, T.; CARDOSO, F.F. Desafios da gestão da produção na construção 4.0. Em: XI SIBRAGEC & VIII ELAGEC 2019 2019, **Anais** [...]. Disponível em: https://www.antaceventos.net.br/index.php/sibragec/sibragec2019/paper/view/466. Acesso em: 26 fev. 2022.

[56] BETIATTO, P; OVIEDO-HAITO, R.J.J. Innovation profile of services offered by Brazilian construction startups. Em: IN PROCEEDINGS CIB WORLD BUILDING CONGRESS 2022 2022, Melbourne, Australia. **Anais** [...]. Melbourne, Australia: CIB - International Council for Research and Innovation in Building and Construction, 2022. p. 10. Disponível em: https://virtual.oxfordabstracts.com/#/event/public/1970/submission/339. Acesso em: 25 maio. 2022.

[57] BRITO, J.T.S.; CARDOSO, F.F.; OVIEDO-HAITO, R.J.J. A servitization profile of the Construction 4.0. Em: IN PROCEEDINGS CIB WORLD BUILDING CONGRESS 2022 2022, Melbourne, Australia. **Anais** [...]. Melbourne, Australia: CIB - International Council for Research and Innovation in Building and Construction, 2022. p. 10. Disponível em: https://virtual.oxfordabstracts.com/#/event/public/1970/submission/260. Acesso em: 25 maio. 2022.