



Indústria 5.0: Oportunidades e Desafios
para Arquitetura e Construção

13º Simpósio Brasileiro de Gestão e
Economia da Construção e 4º Simpósio
Brasileiro de Tecnologia da Informação
e Comunicação na Construção

ARACAJU-SE | 08 a 10 de Novembro

1 BARREIRAS PARA A ADOÇÃO DE PRÁTICAS E TECNOLOGIAS VINCULADAS COM A CONSTRUÇÃO 4.0

Barriers to the adoption of practices and technologies related to Construction 4.0

Gabrielle Silva Soares

Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis, Santa Catarina |
ssoaresgabi00@gmail.com

Prof. Ricardo Juan José Oviedo Haito, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis, Santa Catarina |
ricardo.oviedo.haito@ufsc.br

RESUMO

Uma alternativa para superar as dificuldades do setor da construção para melhorar seu desempenho passa pela incorporação de soluções relativas à Indústria 4.0, na chamada Construção 4.0. Não obstante, apesar de os benefícios atrelados à redução de custos, prazos e aumento da qualidade, a incorporação dessas soluções nas empresas do setor é limitada. Neste contexto, é necessário conhecer os motivos pelos quais as soluções da Construção 4.0 ainda não estão totalmente incorporadas ao setor. Consequentemente, o objetivo deste artigo é a identificação das barreiras para a adoção de práticas e tecnologias vinculadas com a Construção 4.0. Mediante revisão sistemática de literatura detectaram-se sete barreiras: Capacidade das tecnologias instaladas, Cibersegurança e privacidade, Cultura organizacional, Integração das novas tecnologias, Investimento financeiro, Obsolescência e Qualificação profissional. Como decorrência, o artigo contribui no conhecimento de aspectos a considerar na decisão por incorporar as tecnologias e práticas da Indústria 4.0 na Construção.

Palavras-chave: Construção 4.0; Implantação; Barreiras; Tecnologias.

ABSTRACT

An alternative to overcome the difficulties of the construction sector to improve its performance involves the incorporation of solutions related to Industry 4.0, in what is called Construction 4.0. However, despite the benefits associated with cost and time reduction and increased quality, the incorporation of these solutions is limited. In this context, it is necessary to understand the reasons why Construction 4.0 solutions are not yet fully integrated into the sector. Consequently, the objective of this article is to identify the barriers to adopting practices and technologies related to Construction 4.0. Through a systematic literature review, seven barriers were detected: Capacity of installed technologies, Cybersecurity and privacy, Organizational culture, Integration of new technologies, Financial investment, Obsolescence, and Professional qualification. As a result, the article contributes to the knowledge of aspects to consider when deciding to incorporate Industry 4.0 technologies and practices in Construction.

Keywords: Construction 4.0; Implantation; Barriers; Technologies.

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVO

O setor de construção é um dos maiores da economia mundial (BARBOSA *et al.*, 2017), representando 5,9% do PIB em 2021 no Brasil e empregando diretamente na atividade de construção a quase sete milhões e meio de pessoas (ABRAMAT, 2022). Apesar da sua importância, o setor apresenta grandes desafios como a sua dificuldade em cumprir prazos e custos, bem como a sua baixa produtividade (OTI-SARPONG *et al.*, 2021). Para reverter tal situação, a industrialização da construção surge como alternativa. Esta pode ser entendida como o aumento do grau da organização da produção (SABBATINI, 1989), mediante a introdução de métodos de fabricação inovadores para suas atividades, sendo que, quanto maior a quantidade de atividades realizadas fora do canteiro, maior é o grau de industrialização da produção (BAÚ, 2021). Esta conceituação orientada à melhoria das operações nos canteiros de obra vem sendo repensada, em função da chamada quarta revolução industrial, ou Indústria 4.0.

Essa, quando aplicada à construção denomina-se Construção 4.0, tendo a proposta de digitalizar os processos e serviços da construção civil, de forma a se tornarem inteligentes e autônomos, avançando também na industrialização das suas operações (SAWHNEY; RILEY; IRIZARRY, 2020). Sobre os

¹SOARES, G.; OVIEDO-HAITO, R.J.J. Barreiras para a adoção de práticas e tecnologias vinculadas com a Construção 4.0. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 13., 2023, Aracaju. *Anais* [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2023.

benefícios, a Construção 4.0 pode melhorar a qualidade do produto, diminuir o tempo de comercialização, aumentar a colaboração entre as empresas, reduzir o prazo da obra e executar a obra abaixo do valor de orçamento (BETIATTO, 2021). Consideram-se tecnologias associadas com à Indústria 4.0: *Additive Manufacturing, Artificial Intelligence, Augmented Reality, Big Data, Blockchain, Building Information Modeling-BIM, Cloud Computing, Digital Twin, Geographic Information System, Global Positioning System-GPS, Internet of the Things-IoT, Laser Scanning, Radio Frequency Identification, Mixed Reality, Robotics, Sensors, Unmanned aerial vehicle-UAV/Drone, Unmanned Land Vehicle-ULV, Virtual Reality*, dentre outras (BETIATTO, 2021; DALLASEGA; RAUCH; LINDER, 2018; OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016; SAWHNEY; RILEY; IRIZARRY, 2020).

A incorporação destas tecnologias na construção caracteriza-se pela prestação de soluções por novos entrantes, maioritariamente *startups*, tendência que vem aumentando tanto no Brasil (BETIATTO; OVIEDO-HAITO, 2022), como no exterior (BRITO; CARDOSO; OVIEDO-HAITO, 2022). Os impactos vinculados com esta incorporação passam por mudanças na demanda de novas competências digitais, alterações nos métodos de trabalho, a competição diferenciada em termos de personalização e eficiência desta nova forma de produzir, dentre outras (HAWERROTH, 2022). Tais mudanças precisam da escolha de uma estratégia adequada (PORTER, 1996) para o sucesso dessa incorporação.

Desta forma, apesar do surgimento de soluções vinculadas com a Construção 4.0 ser benéfico para o setor da construção, poucas delas são eficazmente incorporadas pelas empresas (BETIATTO, 2021). Consequentemente, é necessário conhecer os motivos pelos quais as soluções da Construção 4.0 ainda não estão totalmente incorporadas ao setor. Dessa forma, o objetivo deste artigo é responder à pergunta: "quais as barreiras para a adoção de práticas e tecnologias vinculadas com a Construção 4.0?".

2 METODOLOGIA

Para responder à pergunta de pesquisa empreendeu-se uma revisão sistemática de literatura, baseada na proposição de Brereton *et al.* (2007). Para tanto, tais autores recomendam dividi-la em três níveis: Planejamento, Triagem e Seleção, conforme se apresenta na Figura 1.

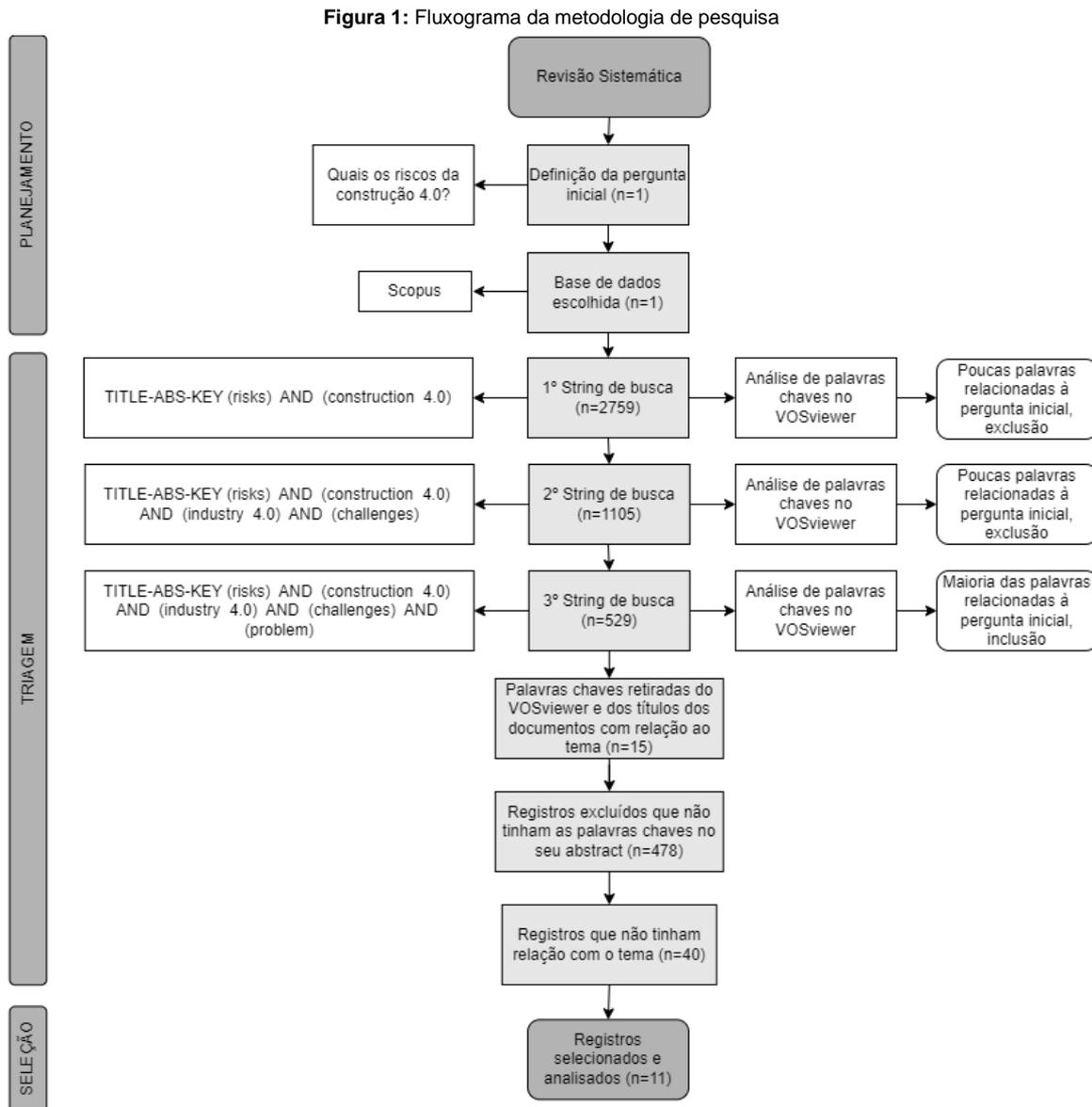
Na etapa de Planejamento definiu-se a pergunta de pesquisa, como decorrência da lacuna de conhecimento identificada numa revisão de literatura inicial sobre a Construção 4.0, vinculada com os aspectos que inibem a maior difusão das suas tecnologias e benefícios associados. Adicionalmente, escolheu-se a base de dados acadêmica para pesquisar os documentos e analisar. Em função da facilidade de exportação dos dados das buscas para posterior manipulação e análise, a base de dados escolhida foi a *Scopus*. Dada à relativa novidade da Construção 4.0, a pesquisa não teve limitação quanto ao intervalo temporal e foi realizada em março de 2023. Além disso, só foram considerados documentos em inglês, por apresentarem informações mais atualizadas.

Para a consulta à base de dados definiram-se *strings* de busca (conjunto de palavras-chave e operadores booleanos). Essa etapa foi realizada em paralelo com o nível da Triagem, para calibração da pergunta de pesquisa. Nela, testaram-se conjuntos de *strings* de busca em função de como os artigos resultantes das consultas contribuíam na resposta à pergunta de pesquisa. Para tais testes empregou-se o *VOSViewer*. Este *software*, dentre outros, mostra a relação entre as palavras-chaves contidas nos documentos resultantes da consulta. Especificamente, cada resultado de uma *string* de busca foi exportado em uma planilha eletrônica, importado no *VOSViewer*, e verificadas as palavras-chave que se repetissem, pelo menos, 20 vezes em cada documento. A *string* de busca cujas palavras-chave melhor respondiam à pergunta de pesquisa (529 artigos) foi: *TITLE-ABS-KEY (risks) AND (Construction 4.0) AND (Industry 4.0) AND (Challenges) AND (Problems)*.

Na Triagem buscou-se separar os artigos que contribuísem na resposta à pergunta de pesquisa, definindo-se critérios de exclusão para aqueles que não o fizeram. Tais critérios basearam-se no conjunto de palavras-chave identificados no *VOSViewer* na etapa anterior e no conjunto de palavras encontradas no título dos artigos que eram relevantes ao tema e que não estavam no *VOSViewer*. Desta maneira, em sucessivas rodadas, descartaram-se documentos que não continham todas essas palavras-chave em seus títulos ou nos seus resumos.

Na terceira fase, Seleção, os documentos que passaram pelos dois critérios (n=11) leram-se na íntegra. Posteriormente, extraíram-se trechos desses documentos que envolviam possíveis barreiras à adoção de tecnologias da Indústria 4.0 em diferentes âmbitos. Havia documentos que declaravam diretamente as

barreiras (n=4) e outros em que estavam descritas indiretamente (n=7). Estes trechos selecionados armazenaram-se em uma planilha eletrônica, comparando-os para produzir a classificação descrita na seção seguinte.



Fonte: os autores.

3 RESULTADOS

Os resultados dizem a respeito a sete categorias identificadas, relacionadas com as barreiras para a adoção de tecnologias vinculadas com a Construção 4.0. Especificamente: Capacidade das tecnologias instaladas, Cibersegurança e privacidade, Cultura organizacional, Integração das novas tecnologias, Investimento financeiro, Obsolescência e Qualificação profissional. O Quadro 1 mostra os autores que citaram tais barreiras, bem como contém um exemplo para melhor entendimento de cada categoria.

Quadro 1: Exemplificação das categorias

CATEGORIA	DESCRIÇÃO	AUTORES	EXEMPLO
Capacidade das tecnologias instaladas	Os sistemas tecnológicos podem não ser capazes de lidar com a complexidade dos processos de construção. Pode haver também falhas no <i>hardware</i> e <i>software</i>	ALMARRI; BOUSSABAINÉ; AL NAUIMI, 2021; MENEGHELLO <i>et al.</i> , 2019; TAMVADA <i>et al.</i> , 2022; WANG <i>et al.</i> , 2021	Falhas de <i>hardware</i> e <i>software</i> são proeminentes na implantação de novas tecnologias (ALMARRI; BOUSSABAINÉ; AL NAUIMI, 2021).
Cibersegurança e privacidade	Existe desconfiança quanto à privacidade vinculada ao uso de dados associados às tecnologias digitais da Construção 4.0, dificultando a sua implantação	ALAREFI, 2023; ALMARRI; BOUSSABAINÉ; AL NAUIMI, 2021; MENEGHELLO <i>et al.</i> , 2019; SHARMA; JINDAL; BORAH, 2023; TAMVADA <i>et al.</i> , 2022; TRUNG <i>et al.</i> , 2021; WANG <i>et al.</i> , 2021	A segurança cibernética representa um risco significativo para as empresas que querem implantar novas tecnologias (TAMVADA <i>et al.</i> , 2022).
Cultura organizacional	Existe resistência cultural à Indústria 4.0, originada na complexidade, desconhecimento e imaturidade das suas práticas, bem como na percepção de perdas de empregos	TAMVADA <i>et al.</i> , 2022; WANG <i>et al.</i> , 2021	A falta de confiança em sistemas inteligentes pode retardar sua implantação (WANG <i>et al.</i> , 2021).
Integração das novas tecnologias	Integrar novas tecnologias com existentes é um desafio, devido à complexidade técnica em integrar os mundos físicos e digitais	ALMARRI; BOUSSABAINÉ; AL NAUIMI, 2021; TAMVADA <i>et al.</i> , 2022; WANG <i>et al.</i> , 2021	Ao integrar os mundos digital e físico há empecilhos ao combinar novas tecnologias com tecnologias tradicionais (TAMVADA <i>et al.</i> , 2022).
Investimento financeiro	A implantação de tecnologias da Indústria 4.0 traz riscos financeiros devido a altos investimentos de implantação e manutenção, bem como a incerteza quanto ao sucesso de sua implementação	ALMARRI; BOUSSABAINÉ; AL NAUIMI, 2021; TAMVADA <i>et al.</i> , 2022; WANG <i>et al.</i> , 2021	A implementação de tecnologias exige gastos significativos, enquanto o retorno e o sucesso desse investimento podem não ser garantidos (WANG <i>et al.</i> , 2021).
Obsolescência	A rápida evolução tecnológica é um impedimento para acompanhar as mudanças da Indústria 4.0, tornando a sua implementação rapidamente obsoleta	ALMARRI; BOUSSABAINÉ; AL NAUIMI, 2021; TAMVADA <i>et al.</i> , 2022	O rápido desenvolvimento da adoção e transformação digital pode fazer com que as novas tecnologias se tornem obsoletas rapidamente (ALMARRI; BOUSSABAINÉ; AL NAUIMI, 2021).
Qualificação profissional	A Construção 4.0 depende de uma mão de obra qualificada para a sua implantação e a falta dela pode gerar riscos. Além disso, tecnologia pode ser uma fonte de grande estresse para aqueles que não estão familiarizados com seu uso	HAYAT; RÉDA, 2022; PAN; ZHANG, 2021; SCHNASSE; MENZEFRICKE; DUMITRESCU, 2021; TAMVADA <i>et al.</i> , 2022; WANG <i>et al.</i> , 2021; XIE <i>et al.</i> , 2019	Muitos dos novos processos e tecnologias envolvem conhecimentos específicos que exigem qualificações profissionais específicas, logo, a qualificação inadequada pode ser uma barreira para a implementação de sistemas inteligentes (SCHNASSE; MENZEFRICKE; DUMITRESCU, 2021).

Fonte: os autores.

3.1 CAPACIDADE DAS TECNOLOGIAS INSTALADAS

Os benefícios vinculados com a Construção 4.0 dependem da capacidade da infraestrutura instalada. Nesse sentido, falhas de *hardware* e *software*, instabilidade devido a interrupções (ALMARRI *et al.*, 2023), falta de infraestrutura (ALMARRI; BOUSSABAINÉ; AL NAUIMI, 2021; TAMVADA *et al.*, 2022; WANG *et al.*, 2021), capacidades computacionais reduzidas (MENEGHELLO *et al.*, 2019) e congestionamentos de rede (WANG *et al.*, 2021) inibem o potencial das soluções tecnologias da Construção 4.0. Isso devido que a implementação de novas tecnologias depende fortemente da infraestrutura de rede física para capturar, transferir, armazenar e analisar dados (ALMARRI *et al.*, 2023). Além disso, muitas redes tendem a sofrer interrupções e conseqüentemente atrapalham o funcionamento de *hardware* e *software*. Logo, falhas nestes componentes são indesejáveis (ALMARRI *et al.*, 2023). Adicionalmente, tecnologias como o *Blockchain* apresentam alto consumo de energia (DAKHLI; LAFHAJ; MOSSMAN, 2019). Portanto, uma boa infraestrutura é indispensável para a implantação da Construção 4.0. Ademais, as capacidades computacionais dependem diretamente do consumo de energia, caso haja perda momentânea dela, os componentes podem ter suas funções interrompidas.

3.2 CULTURA ORGANIZACIONAL

O sucesso da implantação de sistemas inteligentes depende de mudanças culturais nas organizações. Neste sentido a falta de confiança em novas tecnologias, a resistência ao aprendizado, o medo de adotar sistemas inteligentes (WANG *et al.*, 2021); não compreender os benefícios de novas implantações e a

resistência organizacional (TAMVADA *et al.*, 2022) são fatores que impactam na adoção das práticas da Construção 4.0. Para Tamvada *et al.* (2022), gerenciar a resistência organizacional e alcançar a aceitação cultural das inovações é uma tarefa prioritária para a implantação de novas tecnologias. Além disso, sem conhecimentos adequados, as organizações podem entender mal os benefícios dessas tecnologias, reforçando a resistência a adotar estes sistemas inteligentes (WANG *et al.*, 2021). Desse modo, muitas empresas podem sentir falta de confiança na implantação da Construção 4.0, devido ao fato de que muitos dos seus processos e ferramentas são totalmente novos.

3.3 INTEGRAÇÃO DAS NOVAS TECNOLOGIAS

A implantação da Construção 4.0 necessita de mudanças na empresa e na sua cadeia de suprimentos. Dessa forma, a falta de maturidade no uso das tecnologias, falha na integração de dispositivos, mudança de competências (WANG *et al.*, 2021), integração de antigas e novas tecnologias (ALMARRI; BOUSSABAINÉ; AL NAUIMI, 2021), compatibilidade entre máquinas, comunicação entre sistemas, integração de tecnologias digitais com equipamentos tradicionais (TAMVADA *et al.*, 2022) são fatores que interferem negativamente na implantação de novos sistemas inteligentes. Para Almarri *et al.* (2023) a integração de novas tecnologias com tecnologias existentes é um dos principais riscos no desenvolvimento de redes. Já para Wang *et al.* (2021), há riscos tecnológicos decorrentes da complexidade técnica que uma nova tecnologia pode causar. Adicionalmente, a integração de dispositivos pode ser um problema tal qual a mudança de competências que os profissionais precisam ter. Relacionando com a Construção 4.0, a integração das novas tecnologias pode exigir a alteração dos processos existentes de uma empresa, uma vez que as tecnologias estão em constante mudança, pode ser difícil para elas se manterem atualizadas. Outro problema é a mudança nas competências necessária para gerenciar esses sistemas, que exigem conhecimentos técnicos mais avançados do que os tradicionais. Neste sentido, é necessário que os profissionais se atualizem e adquiram novas habilidades para aproveitar o potencial desses sistemas inteligentes. Além disso, a integração de antigas e novas tecnologias pode ser um desafio. Isso porque os sistemas antigos podem não ser compatíveis com os novos.

3.4 INVESTIMENTO FINANCEIRO

Incertezas quanto ao desempenho de novos sistemas inteligentes atrasam a escolha pelo seu financiamento. Neste sentido, investimentos iniciais em larga escala, retorno financeiro desconhecido (TAMVADA *et al.*, 2022; WANG *et al.*, 2021), custos com a capacitação profissional (ALMARRI; BOUSSABAINÉ; AL NAUIMI, 2021) são incertezas enfrentadas na implantação destas tecnologias. Consequentemente, a indisponibilidade de recursos atrasa a implementação de tecnologias inteligentes (WANG *et al.*, 2021). Além disso, a implantação de novas tecnologias requer investimentos iniciais em larga escala, com um período de retorno desconhecido e incerteza de sucesso (TAMVADA *et al.*, 2022; WANG *et al.*, 2021). Ademais, há um investimento alto para qualificar a força de trabalho (ALMARRI; BOUSSABAINÉ; AL NAUIMI, 2021). Isso implica que investir em novas tecnologias pode ser difícil para as empresas, devido aos investimentos iniciais altos e retornos financeiros imprevisíveis; podendo variar em função da tecnologia escolhida e da capacidade de implementá-las. Os custos com a capacitação profissional também podem ser muito elevados, uma vez que os funcionários precisam se adequar às novas ferramentas e processos. Esses problemas podem levar as empresas a adiarem ou desistirem da sua implantação.

3.5 OBSOLESCÊNCIA

O surgimento acelerado de novas aplicações das tecnologias vinculadas com a Construção 4.0 dificulta a decisão das empresas em adotá-las. Neste sentido, a evolução e as mudanças tecnológicas (ALMARRI; BOUSSABAINÉ; AL NAUIMI, 2021), o rápido desenvolvimento da transformação digital em conjunto com a acelerada troca de competências (TAMVADA *et al.*, 2022) são os principais componentes desta categoria. Segundo Almarri; Boussabaine e Nauimi (2021) a tecnologia está evoluindo rapidamente e as organizações não conseguem acompanhar essas mudanças. Logo, os componentes das novas tecnologias podem rapidamente se tornar obsoletos. Para Tamvada *et al.* (2022), por conta do rápido desenvolvimento da adoção e transformação digital, inúmeras organizações tentam se equipar com as competências apropriadas. A falta de acompanhamento dessa evolução, bem como a falta de um processo ágil na implantação da Construção 4.0 pode levar à implantação de tecnologias defasadas.

3.6 QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL

A incorporação de novas tecnologias nas empresas precisa de atualização das competências dos seus profissionais. Conseqüentemente, a adoção de tecnologias da Construção 4.0 pode falhar devido a inadequadas qualificações (TAMVADA *et al.*, 2022; WANG *et al.*, 2021), ao estresse gerado pela falta de conhecimento na sua utilização (HAYAT; RÉDA, 2022), tomar decisões com base no uso de tecnologias inteligentes (PAN; ZHANG, 2021) e que demandem novas competências (SCHNASSE; MENZEFRICKE; DUMITRESCU, 2021; XIE *et al.*, 2019), dentre outros. Desta maneira, as competências dos funcionários devem ser adaptadas para prepará-los para lidar com as novas tecnologias (SCHNASSE; MENZEFRICKE; DUMITRESCU, 2021). Sem isso, o uso de tecnologias da Indústria 4.0 pode estimular riscos psicossociais, como o estresse, por conta de uma má qualificação profissional (HAYAT; RÉDA, 2022). Além disso, para Pan e Zhang (2021), os funcionários devem agir com base nos dados que os equipamentos tecnológicos proporcionam para tomar decisões de forma adaptativa, para tanto, eles precisam ter qualificações adequadas. Desta forma, os profissionais e máquinas precisam trabalhar juntos, pois a falha de funcionamento de um dos lados impossibilita a implantação da Construção 4.0. Nesse sentido, o profissional não somente precisará aprender sobre a tecnologia, mas também tomar as decisões com as informações que a mesma dará. Caso contrário, além de gerar problemas para a empresa (uma mão de obra não qualificada poderia causar danos na infraestrutura investida, tendo assim prejuízos financeiros, por exemplo), também poderá desencadear estresse, prejudicando a si mesmo.

3.7 CIBERSEGURANÇA E PRIVACIDADE

O uso dos dados digitais impõe uma série de cuidados. Desta forma, a manipulação de dados (SHARMA; JINDAL; BORAH, 2023), *hackers*, incidentes cibernéticos (TAMVADA *et al.*, 2022), mecanismos de segurança inadequados, incompletos ou mal projetados (MENEGHELLO *et al.*, 2019), violação de dados (WANG *et al.*, 2021), informações pessoais não protegidas (ALAREFI, 2023) e instabilidade na rede que causam ameaças externas (ALMARRI; BOUSSABAIN; AL NAUIMI, 2021) são elementos que envolvem a segurança e privacidade de empresas e usuários envolvidos na implantação de tecnologias digitais. Segundo Sharma, Jindal e Borah (2023) as questões de privacidade aumentam quando as organizações não têm certeza sobre os riscos associados aos seus ativos da era digital. Para tais autores, avaliar as ameaças associadas é um processo tedioso para as organizações. Para tanto, é necessário executar estratégias de controle e monitoramento contínuo para minimizar os riscos. Para Tamvada *et al.* (2022), a prática de trabalho remoto, que aumentou nos últimos anos, faz com que aumentem os riscos associados à segurança cibernética. Além disso, investir inadequadamente na prevenção de roubo de tecnologia, levando à perda de dados importantes, dificulta a implantação de sistemas inteligentes (WANG *et al.*, 2021). Interligando com o risco de investimento financeiro, as infraestruturas de baixo custo geralmente não oferecem suporte a mecanismos de segurança robustos e podem ser alvo de uma série de ataques à sua segurança (MENEGHELLO *et al.*, 2019).

Adicionalmente, a segurança e privacidade dos usuários também é um ponto a ser abordado. A privacidade é crítica para a percepção do indivíduo sobre a proteção de suas informações pessoais (ALAREFI, 2023). Sem proteções contra espionagem, as redes sem fio podem expor informações pessoais confidenciais (MENEGHELLO *et al.*, 2019). Desta forma, empresas que queiram implantar as tecnologias da construção 4.0 devem analisar os possíveis riscos de segurança e privacidade. Além disso, com o uso de redes pessoais, os ataques cibernéticos podem aumentar, já que os equipamentos domésticos não são equipados com as mesmas medidas de segurança que os computadores corporativos. Por fim, as tecnologias da Construção 4.0 usam dispositivos conectados à internet, o que os torna vulneráveis às ameaças de segurança cibernética, como o roubo de dados ou o uso indevido das informações.

4 DISCUSSÃO

Em síntese, empresas do setor da construção enfrentam desafios ao implantar as tecnologias da Construção 4.0, na busca por processos otimizados e criar negócios inovadores. Conforme discutido anteriormente, tal otimização precisa de uma boa conexão de rede, infraestrutura e integração entre sistemas e dispositivos para permitir o alcance da capacidade máxima das tecnologias relativas à Indústria. Além disso, é necessário investir, não só na aquisição das novas tecnologias, mas também na sua manutenção e atualização constante, também em sistemas voltados para a minimização dos riscos de segurança e privacidade. Adicionalmente, estas barreiras só serão superadas com o necessário investimento na capacitação dos profissionais.

Analisar essas limitações, que dificultam a implantação da Construção 4.0, assume relevância considerando-se que: a) os desafios associados às revoluções industriais precedentes ainda devem ser superados (OVIEDO-HAITO; MORATTI; CARDOSO, 2019); e que b) a adoção das tecnologias da Indústria 4.0 na construção não está difundida (BETIATTO, 2021). Portanto, a identificação de tais barreiras é um passo imprescindível para facilitar esta implementação.

5 CONCLUSÃO

A literatura especializada cita vários dos benefícios da Construção 4.0, bem como a tendência de o setor da Construção Civil incorporar cada vez mais das suas soluções. Não obstante, a disseminação dessas práticas é limitada, surgindo a pergunta: "quais as barreiras para a adoção de práticas e tecnologias vinculadas com a Construção 4.0?" Mediante uma revisão sistemática de literatura, neste artigo, identificaram-se sete barreiras que inibem a decisão de adotar as soluções da Construção 4.0: Capacidade das tecnologias instaladas, Cibersegurança e privacidade, Cultura organizacional, Integração das novas tecnologias, Investimento financeiro, Obsolescência e Qualificação profissional.

Estes fatores afetam, principalmente, a decisão por investir nos recursos necessários para habilitar estas soluções nas empresas. Esta escolha passa por viabilizar vários esforços relativos à uma estratégia de médio-longo prazo. Um deles passa pela necessidade de uma organização aberta à inovação, ágil na implantação e em constante capacitação, tanto na força de trabalho da empresa como nos seus clientes e fornecedores. Outro se vincula com a aquisição programada de recursos tecnológicos que sejam facilmente atualizáveis, dada a dinâmica no surgimento de novas soluções cada vez mais exigentes em termos de *hardware*, *software* e integração. Porém, esta aquisição é uma decisão que não depende somente de uma empresa, mas também das centrais de distribuição de energia da qual a empresa irá se servir. Por último, a empresa deve configurar seus esforços para reduzir riscos de segurança e privacidade com relação aos dados que deverá gerenciar, sendo este um requisito a desempenhar em qualquer uma das soluções a adotar.

Apesar da limitação quanto à literatura disponível sobre o tema, este artigo contribui ao conhecimento dos fatores que as empresas devem avaliar quando decidirem incorporar as práticas e soluções associadas à Indústria 4.0. Como trabalhos futuros recomenda-se avaliar estas barreiras em estudos de caso aplicados a diferentes agentes da cadeia produtiva da construção que utilizam as soluções vinculadas com a Construção 4.0.

6 REFERÊNCIAS

ABRAMAT. **Perfil da cadeia da construção e da indústria de materiais e equipamentos Ed. 2022**. 2022. Disponível em: https://abramat.org.br/wp-content/uploads/2023/03/Perfil-da-Cadeia-resumo-2022_c-serie-5-anos-v2.pdf. Acesso em: 25 fev. 2023.

ALAREFI, M. Adoption of IoT by telecommunication companies in GCC: The role of blockchain. **Decision Science Letters**, v. 12, n. 1, p. 55–68, 2023.

ALMARRI, Khalid; BOUSSABINE, Halim; AL NAUIMI, Hamad. The influence of risks on the outturn cost of ICT infrastructure network projects. **Construction Innovation**, v. 23, n. 1, p. 85–104, 2021.

BARBOSA, Filipe *et al.* **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: 8 jul. 2020.

BAÚ, Gabriela. **Construções modulares: Mapeamento do processo executivo de edificações em chassi de aço**. 2021. TCC (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Engenharia Civil, Florianópolis, Brasil, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/223394>. Acesso em: 6 jun. 2021.

BETIATTO, Pâmela. **Perfil de inovação dos serviços ofertados por Construtechs brasileiras**. 2021. TCC (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Engenharia Civil, Florianópolis, Brasil, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/223397>. Acesso em: 6 jun. 2021.

BETIATTO, P.; OVIEDO-HAITO, R. J. J. Innovation profile of services offered by Brazilian construction startups. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1101, n. 8, p. 082006, 2022.

- BRERETON, Pearl *et al.* Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. **Journal of Systems and Software**, v. 80, n. 4, Software Performance, p. 571–583, 2007.
- BRITO, J. T. S.; CARDOSO, F. F.; OVIEDO-HAITO, R. J. J. A servitization profile of the Construction 4.0. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1101, n. 8, p. 082004, 2022.
- DAKHLI, Zakaria; LAFHAJ, Zoubeir; MOSSMAN, Alan. The Potential of Blockchain in Building Construction. **Buildings**, v. 9, n. 4, p. 77, 2019.
- DALLASEGA, Patrick; RAUCH, Erwin; LINDER, Christian. Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review. **Computers in Industry**, v. 99, p. 205–225, 2018.
- HAWERROTH, Amanda. **Tendências vinculadas com a Construção 4.0 sob a perspectiva de relatórios de mercado**. 2022. TCC (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Engenharia Civil, Florianópolis, Brasil, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/243176>. Acesso em: 21 dez. 2022.
- HAYAT, Haroun; RÉDA, Ghomari Abdessamed. An IoT and spatial Big data based architecture for monitoring Occupational Health Risks exposure. *Em: 2022 FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIG DATA, IOT, WEB INTELLIGENCE AND APPLICATIONS (BIWA)*, 2022. **2022 First International Conference on Big Data, IoT, Web Intelligence and Applications (BIWA)**. [S. l.: s. n.], 2022. p. 13–18.
- MENEGHELLO, Francesca *et al.* IoT: Internet of Threats? A Survey of Practical Security Vulnerabilities in Real IoT Devices. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 6, n. 5, p. 8182–8201, 2019.
- OESTERREICH, Thuy Duong; TEUTEBERG, Frank. 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.
- OTI-SARPONG, Kwadwo *et al.* Transforming the construction sector: an institutional complexity perspective. **Construction Innovation**, v. 22, n. 2, p. 361–387, 2021.
- OVIEDO-HAITO, Ricardo Juan José; MORATTI, Tathyana; CARDOSO, Francisco Ferreira. Desafios da gestão da produção na construção 4.0. *Em: XI SIBRAGEC & VIII ELAGEC 2019*, 2019. **XI SIBRAGEC & VIII ELAGEC 2019**. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <https://www.antaceventos.net.br/index.php/sibragec/sibragec2019/paper/view/466>. Acesso em: 26 out. 2019.
- PAN, Yue; ZHANG, Limao. Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends. **Automation in Construction**, v. 122, p. 103517, 2021.
- PORTER, Michael E. What Is Strategy? **Harvard Business Review**, n. November–December 1996, 1996. Disponível em: <https://hbr.org/1996/11/what-is-strategy>. Acesso em: 7 jan. 2019.
- SABBATINI, Fernando Henrique. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. 321 f. Tese (doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-30082017-091328/>. Acesso em: 6 out. 2017.
- SAWHNEY, Anil; RILEY, Michael; IRIZARRY, Javier. **Construction 4.0: An Innovation Platform for the Built Environment**. Routledge, 2020. *E-book*. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9780429398100>. Acesso em: 8 jul. 2020.
- SCHNASSE, Felix; MENZEFRICKE, Jörn Steffen; DUMITRESCU, Roman. Identification of Socio-Technical Risks and Their Correlations in the Context of Digital Transformation for the Manufacturing Sector. *Em: 2021 IEEE 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND APPLICATIONS (ICIEA)*, 2021. **2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)**. [S. l.: s. n.], 2021. p. 159–166.
- SHARMA, Pratima; JINDAL, Rajni; BORAH, Malaya Dutta. A review of smart contract-based platforms, applications, and challenges. **Cluster Computing**, v. 26, n. 1, p. 395–421, 2023.
- TAMVADA, Jagannadha Pawan *et al.* Adopting new technology is a distant dream? The risks of implementing Industry 4.0 in emerging economy SMEs. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 185, p. 122088, 2022.
- TRUNG, Nguyen *et al.* Digital Transformation, AI Applications and IoTs in Blockchain Managing Commerce Secrets: And Cybersecurity Risk Solutions in the Era of Industry 4.0 and Further. **Webology**, v. 18, p. 453–465, 2021.

WANG, Ke *et al.* Analyzing the Adoption Challenges of the Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI) for Smart Cities in China. **Sustainability**, v. 13, n. 19, p. 10983, 2021.

XIE, Yi *et al.* An IoT-based risk warning system for smart libraries. **Library Hi Tech**, v. 37, n. 4, p. 918–932, 2019.