XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8703

Impacto das Tecnologias Digitais e indústria 4.0 na percepção de trabalhadores do subsetor de edificações da construção civil

Impact of Digital Technologies and Industry 4.0 as Perceived by Workers in the Building Subsector of Construction Industry

Frank Kiyoshi Hasse
Universidade Estadual de Maringá|Maringá | Brasil | fkhasse@uem.br
Cezar Augusto Romano
Universidade Tecnológica Federal do Paraná| Curitiba | Brasil | romano.utfpr@gmail.com

Resumo
A utilização das tecnologias digitais e da Indústria 4.0 na construção civil está em fase inicial. Diante disso, é importante investigar como essas inovações impactam a competitividade empresarial, o futuro do trabalho e as dinâmicas sociais no setor. O objetivo do presente estudo é analisar os impactos das tecnologias digitais e I 4.0, na percepção de funcionários de empresas do subsetor de edificações que adotam os métodos construtivos tradicional (n = 2), *off-site* (n = 2) e modular (n = 2). A metodologia envolveu entrevistas organizadas em 12 grupos focais (n = 40). Os dados foram submetidos às análises lexical e de conteúdo com auxílio do *software IRAMUTEQ®*. Os resultados revelam que a inserção de tecnologias digitais na construção civil, na percepção dos funcionários, traz benefícios em termos de eficiência e redução de custos, porém há percepções de desafios significativos, como exemplo a redução de postos de trabalho e o aumento das desigualdades sociais. O trabalho contribui com subsídios relevantes para pesquisadores, gestores, profissionais da construção civil e formuladores de políticas públicas, além de apresentar contribuições e diretrizes que podem orientar pesquisas futuras.

Palavras-chave: Construção civil. Indústria 4.0. Industrialização da construção. Transformação digital. Futuro do trabalho.

Abstract
The use of digital technologies and industry 4.0 in building constructions is in the early stages. Therefore, it is important to investigate how these innovations impact business competitiveness, the future of work, and social dynamics in the sector. The objective of this study is to analyze the impacts of digital technologies and Industry 4.0, based on employees' perceptions at companies in the building subsector that adopt traditional (n = 2), off-site (n = 2), and modular (n = 2) construction methods. The methodology involved interviews organized into 12 focus groups (n = 40). The data were subjected to lexical and content analyses using the IRAMUTEQ® software. The results reveal that the introduction of digital technologies in civil construction, according to employees' perceptions, brings benefits in terms of efficiency and cost reduction; however, there are perceptions of significant challenges, such as job losses and increased social inequalities. This study provides relevant insights for researchers, managers, civil construction professionals, and policymakers, as well as contributions and guidelines that can inform future research.

Keywords: Building construction. Industry 4.0. Construction industrialization. Digital transformation. Future of work.

HASSE, F.K.; ROMANO, C.A. ENTAC 2026. Impacto das tecnologias digitais e indústria 4.0 na percepção de trabalhadores do subsetor de edificações da construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

INTRODUÇÃO

Em 2022, o setor da construção civil no Brasil contava com 174,7 mil empresas e empregava 2,3 milhões de pessoas, conforme a Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC 2022), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [1]. Sendo a construção de edifícios, o segmento com maior número de pessoas empregadas com 37,2 % (855,6 mil pessoas). Inseridas em um sistema capitalista, essas empresas enfrentam uma concorrência de mercado significativa, e nesse contexto, buscam novas tecnologias para manterem-se ativas. Dentre essas novas tecnologias, se sobressaem a Construção Modular (CM), a Construção *off-site* (OSC) e a Indústria 4.0 (I 4.0).

A CM é caracterizada pela produção de módulos de edificações fora do canteiro de obras, em uma fábrica [2]. Esses módulos consistem em unidades de construção completas, já com pisos, paredes, teto, telhado, instalações elétricas, instalações hidráulicas e acabamentos, montados e colocados sobre uma fundação e uma infraestrutura previamente executada [3].

Para fins da presente pesquisa, a OSC é caracterizada pela produção de componentes pré-fabricados fora do canteiro de obras e posteriormente montados no local da obra.

A I 4.0 é caracterizada pela adoção de tecnologias digitais e pela interconexão de diferentes tecnologias de informação e comunicação (TICs) com as instalações de produção (máquinas, produtos, dispositivos), com o objetivo de induzir ações de forma autônoma [4].

[5] apresentam as principais tecnologias da I 4.0 utilizadas na ICC: Modelagem da Informação da Construção (*BIM*, do inglês *Building information modeling*), Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto (*PLM*, do inglês Product *Life Cycle Management*), modularização, robótica, dispositivos móveis, Identificação por Radiofrequência (*RFID*, do inglês *Radio Frequency Identification*), drones, veículos autônomos, manufatura aditiva (impressora 3D), Sistemas Ciberfísicos (*CPS*, do inglês *Cyber Physical Systems*), *Big Data*, Computação em Nuvem (do inglês *Cloud Computing*) e Internet das coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*).

A importância de uma abordagem holística para implementação dos conceitos da I 4.0, é destacada por [6], levando em consideração não apenas os aspectos técnicos das novas tecnologias, mas também as questões econômicas, sociais, ambientais, éticas e legais.

A automação de processos de negócios e produção permite não só a obtenção de maior eficiência na utilização de recursos, mas também a redução da necessidade de mão de obra em algumas tarefas [7]; [8]. Vivemos, atualmente, significativas transformações no sistema produtivo, e [9] questionam a suscetibilidade dos empregos à informatização. [10] ressaltam que as rupturas causadas pela velocidade da atual revolução tecnológica podem causar perturbações sociais e precisam ser gerenciadas e controladas.

Em um contexto de rápidas e profundas mudanças tecnológicas, a pergunta que se busca responder é: Quais são as percepções dos funcionários de empresas que utilizam os métodos construtivos tradicional, *off-site* e modular, no subsetor de edificações da indústria da construção civil, sobre os impactos das tecnologias digitais e I 4.0.

Para responder a esse questionamento, a presente pesquisa ficou delimitada à análise qualitativa da percepção dos impactos das tecnologias digitais e I 4.0 no subsetor de edificações da construção civil em empresas localizadas na região Sul do Brasil. A coleta

de dados foi realizada por meio de grupos focais compostos por funcionários das empresas participantes desta pesquisa. As entrevistas foram conduzidas entre os meses de setembro e outubro de 2024. Os dados coletados foram analisados por meio das análises lexical e de conteúdo. Os resultados obtidos expressam as percepções dos entrevistados, não configurando generalizações estatísticas, mas sim interpretações teóricas fundamentadas nas respostas dos entrevistados.

Assim, a pesquisa teve como objetivo analisar os impactos das Tecnologias Digitais (TDs) e Indústria 4.0 na percepção dos funcionários de empresas que utilizam os métodos construtivos tradicional, *off-site* e modular.

REFERENCIAL TEÓRICO

Diferentes autores, em suas pesquisas, apontaram para perspectivas variadas quanto aos impactos da manufatura Inteligente. Consequências negativas como polarização de emprego e renda, favorecimento do capital em detrimento do trabalho, desemprego tecnológico, mudanças demográficas, desqualificação/requalificação da mão de obra, uma população excluída do trabalho assalariado e a precariedade das condições de trabalho são relatadas por [11]. No entanto, [12] veem de forma positiva os efeitos da digitalização nas atividades econômicas, sociais e ambientais.

Ao aplicarem um método de Simulação e Inteligência Artificial na prática, [13], melhoram a produtividade do braço do robô, ao obter a redução em mais de cinco por cento de economia de tempo, e apresentaram impactos econômicos e sociais das fábricas inteligentes como: aumento do lucro das empresas; aumento do requerimento de trabalhadores bem treinados; e melhora da segurança do trabalho.
Tanto [13] quanto [12] fazem menção aos pilares do desenvolvimento sustentável que envolvem: meio ambiente, questões econômicas e sociedade. A diferenciação entre transformações e impactos no ambiente físico pode ser aplicada para o contexto social. Enquanto determinados grupos sociais conseguem se adaptar rapidamente às mudanças tecnológicas e aproveitar oportunidades, outros, especialmente grupos vulneráveis, enfrentam desafios e maiores dificuldades de adaptação [14].

A noção de "licença social para operar" tem ganhado relevância, destacando a necessidade de aceitação social para o sucesso de projetos tecnológicos [15]. Dessa forma, a participação ativa dos trabalhadores e das comunidades na transição para a Indústria 4.0 pode contribuir para um processo de mudança mais equilibrado e sustentável.

Ao se analisar os impactos de novas tecnologias, [16] destacam que é essencial considerar ameaças aos sistemas biofísicos, econômicos, sociais, culturais e psicológico do ambiente humano. Nesse sentido, a participação pública e o engajamento dos trabalhadores na implementação dessas tecnologias, é fundamental para mitigar eventuais impactos negativos e promover a sustentabilidade social [17], [18] e [19].

METODOLOGIA

A presente pesquisa teve como objetivo identificar os impactos decorrentes da implementação de uma determinada tecnologia específica, justificando a sua classificação quanto à sua finalidade em “aplicada”. E fez abordagens às partes interessadas por meio de entrevistas, a fim de realizar a coleta padronizada de dados

para caracterização e análise de um fenômeno, bem como o estabelecimento de relações entre variáveis, assim se classifica como “descritiva”, [20].

A abordagem foi “qualitativa”, envolvendo técnicas interpretativas para análise dos dados. Quanto à intervenção, foi “observacional”, pois dados foram coletados e informações extraídas sem que houvesse influência do pesquisador na evolução do objeto de estudo. Quanto ao tempo de intervenção, a presente pesquisa foi “transversal”.

A pesquisa consistiu na aplicação de entrevistas com funcionários das empresas selecionadas, no formato de grupos focais. As empresas são da CC, subsetor de edificações, que atuam nas modalidades da construção tradicional, o*ff-site* e modular.

Para obtenção dos dados primários, este estudo seguiu o roteiro e as Diretrizes de Validação para Instrumentos de Pesquisa Qualitativa (Vali-Quali), desenvolvidos por [21], por se tratarem de uma base norteadora para construção e validação de instrumentos qualitativos. As etapas e descrições do modelo estão contidas no **quadro 1**.

Quadro 1 – Etapas e descrições para construção do instrumento de coleta de dados

Etapas	**Descrição**
Etapa 1:	Desenho do roteiro inicial do instrumento de coleta de dados;
Etapa 2:	Preparação e elaboração do roteiro Inicial contendo perguntas pertinentes;
Etapa 3:	Formulário de validação para os juízes. Envolve a validação do roteiro de entrevistas;
Etapa 4:	Visão geral dos resultados da validação pelos juízes;
Etapa 5:	Pré-teste;
Etapa 6:	Análise e validação final do roteiro;
Etapa 7:	Elaboração do roteiro teórico-empírico final

Fonte: O autor (2025).

A Etapa 1 refere-se à concepção do roteiro inicial das entrevistas, ou seja, a construção do instrumento de coleta de dados.
A Etapa 2 consiste na elaboração do questionário inicial contendo as perguntas pertinentes.
A Etapa 3 envolve a validação do roteiro de entrevistas por meio da avaliação por juízes, adotando-se a proposta Vali-Quali, que compreende duas dimensões de análise: Conteúdo e Semântica.
Essa interação entre o pesquisador e o entrevistado, ou o grupo de entrevistados (grupo focal), permite a qualificação das respostas e a contextualização do estágio de implementação das tecnologias digitais a fim de obter melhores percepções dos trabalhadores.

O roteiro inicial previsto na etapa 1, foi concebido após a realização de uma revisão de literatura. Foram selecionados artigos que abordavam impactos das tecnologias digitais e da I 4.0 na indústria manufatureira. O critério utilizado para escolher e classificar os artigos dentro de seus respectivos construtos foi a classificação *Rankin, InOrdinatio*, de [22]. Com base nos temas apresentados, foram delineados os construtos, quadro 02, que servem de base para a elaboração do roteiro das entrevistas.

A estrutura inicial previu a coleta de dados em seis (6) empresas, sendo dois representantes de cada um dos métodos construtivos (tradicional, *off-site* e modular), considerado suficiente para amostras de dados em pesquisas qualitativas.

Trabalhadores da construção civil, em diferentes níveis de atuação, foram selecionados em empresas localizadas nas cidades de Umuarama, Cascavel e Curitiba, no estado do Paraná, e Ivoti, no estado do Rio Grande do Sul.

Data do Primeiro Recrutamento: 11 de outubro de 2024
Entrevistas em 6 Grupos Focais: 40 participantes no total.

O roteiro teórico-empírico final para realização das entrevistas está descrito no **quadro 2**.

Quadro 2 - Roteiro das entrevistas com funcionários das empresas (grupo focal)

	pergunta de rapport	1) Para começar eu gostaria que vocês comentassem um pouco sobre a experiência de vocês na construção civil?
Estrutura teórica e conceitual	construtos	Atributos/variáveis
Bag, Surajit *et al* .(2020); Mastos *et al* . (2020); Upadhyay, Arvind *et al* .(2021); Khan *et al* .(2021); Alkaraan *et al*. (2022).	a. Percepção sobre a Inserção de tecnológias digitais na empresa. Social, econômico, ambiental.	2) Você consegue perceber a inserção de novas tecnologias digitais na empresa em que você trabalha? Qual sua percepção sobre o tema? Perguntas adjascentes: 2.1 –Essas tecnologias Influenciam a qualidade dos produtos intermediários e finais (ausência de falhas e a capacidade do produto em cumprir os requisitos exigidos, sem desperdício de recursos)? 2.2 – Melhoram a produtividade nos processos administrativos e de produção? (A produtividade da mão de obra é calculada pela divisão da produção total pelo número de trabalhadores envolvidos no processo. E a produtividade de materiais é obtida pela divisão da produção total pelo consumo de materiais).
Oztemel e Gursev (2018); Cubric (2020); Cugno. (2021); Sharma *et al* . (2021); Attiany *et al* . (2023).	b.Oportunidades, desafios, forças e fraquezas relacionadas à adoção de tecnologias digitais na empresa.	3. Quais **oportunidades, desafios e preocupações** você identifica na adoção de tecnologias digitais na construção modular e off site? Perguntas adjascentes: 3.1 - E quais os principais pontos positivos (forças) e negativos (fraquezas) você identifica na adoção dessas tecnologias? 3.1 – Há oportunidade de criação de novos empregos em decorrência da entrada de novas empresas detentoras de alta tecnologia de automação? 3.2 - Há ameaça de perda de empregos em vários níveis hierárquicos? 3.3 - Ou resultará num aumento de mão obra qualificada?
Eichorst *et al* .(2017); Ejsmont (2021); Jeelani e Gheisari (2021); Siltori *et al* . (2021); Coronado *et al*. (2022); Luo *et al* . (2022); Abdous *et al*. (2023).	c. Percepção na qualidade de vida do trabalhador	4. Na sua percepção, em sua área de atuação (a construção civil, setor de edificações), qual seria o **impacto na qualidade vida** do trabalhador devido à implementação das Tecnologias digitais? Perguntas adjascentes: 4.1 – Pode melhorar a saúde e segurança no trabalho? 4.2 - Pode proporcionar maior satisfação no trabalho? 4.3 – Pode reduzir a jornada de trabalho?
Calzavara et al. (2020); Spotti e Windelband (2021); Gonzalez-Perez et al. (2022); Ivaldi et al. (2022); Li (2022).	d. Necessidade de treinamentos e desenvolvimento de habilidades	5. Na sua percepção, em sua área de atuação, qual a **necessidade de treinamento e desenvolvimento de habilidades** exigidas do trabalhador devido à implementação das tecnologias digitais? Perguntas adjascentes: 5.1 - Quais habilidades e conhecimentos específicos você considera que os trabalhadores precisam adquirir para se adaptarem às mudanças trazidas pelas tecnologias digitais na construção modular e off site?

Estrutura teórica e conceitual	construtos	Atributos/variáveis
Mhlanga, (2021); Grybauskas, (2022); Klingenberg *et al*. (2022); Kumar *et al* .(2022); Sony e Naik, (2022).	e. Impacto Social	6. Na sua percepção, como a introdução de tecnologias digitais na Construção Modular e Off site **impacta a sociedade?** Perguntas adjascentes: 6.1 – A adoção de tecnologias digitais pode contribuir com a redução do déficit habitacional no Brasil? 6.2 – A adoção de tecnologias digitais pode facilitar ou viabilizar a construção de novas edificações destinadas à hospitais, escolas e outras instituições? 6.3 – Pode reduzir a desigualdade social? 6.4 – Pode aumentar a desigualdade social?
Coronado *et al* .(2022).	f. Bem Estar. Impactos das novas tecnologias nas relações internas da empresa.	7. Como as novas tecnologias estão **afetando as relações internas** entre os diferentes grupos de trabalhadores na sua empresa? Relações de trabalho entre engenheiros, operários, alta gestão e outros profissionais?

Fonte: O autor (2025).

O projeto foi submetido ao comitê de ética e está registrado e aprovado na Plataforma Brasil com o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) número 81989924.3.0000.0177.

Os dados obtidos nos Grupos Focais foram analisados com uso dos métodos de Análise Lexical e Análise de Conteúdo. Esses métodos envolvem a aplicação de um conjunto de técnicas para descrição e interpretação do conteúdo das conversações realizadas nas entrevistas.
A escolha da abordagem por meio de entrevistas se justifica pela possibilidade de interação entre entrevistador e entrevistado, especialmente considerando o limitado conhecimento dos trabalhadores da construção civil sobre o tema Indústria 4.0.
As mudanças tecnológicas, como a consolidação da internet e softwares de análise lexical, permitem procedimentos mais responsivos aos princípios da credibilidade, da transparência e da replicabilidade [23].

As técnicas utilizadas para análise lexical foram a Classificação Hierárquica Descentente (CHD) e Análise de Especificidades, obtidas com auxílio do *software Interface R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires Iramuteq ®, versão 0.8 alpha 7*. A Classificação Hierárquica Descendente (CHD) foi proposta inicialmente por [24]. De acordo com [25], a CHD realiza a segmentação do corpus textual em Unidades de Contextos Elementares (UCE) que, ao mesmo tempo, apresentam vocabulários semelhantes entre si e vocabulários diferentes das UCEs das outras classes e o conjunto deles é repartido com base na frequência das formas reduzidas, ou seja, palavras previamente lematizadas.

As percepções dos trabalhadores identificadas nas diferentes classes emergentes da CHD foram comparadas aos achados da revisão de literatura.

RESULTADOS e ANÁLISES

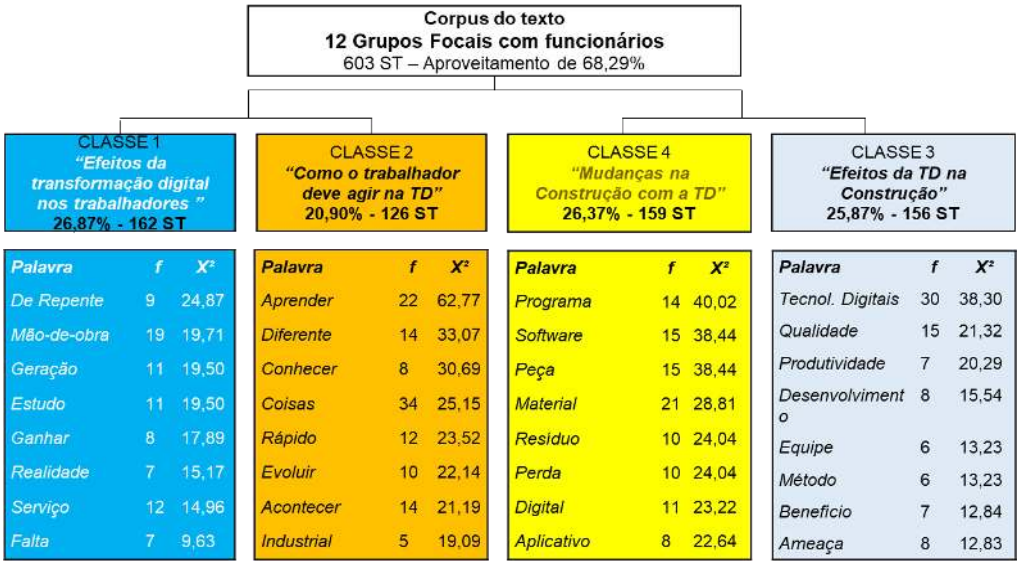
A Classificação Hierárquica Descendente (CHD), por meio do dendograma, identifica e organiza o conteúdo dos Segmentos de Texto (ST) em classes, **figura 1**. Compete ao pesquisador analisar, sintetizar e nomear cada classe em questão. Quanto maior o $\chi 2$ (qui-quadrado), mais associada está a palavra com a classe, e foram desconsideradas as palavras com $\chi 2 < 3{,}80$ ($p < 0{,}05$).
O conteúdo analisado foi categorizado em quatro classes: Classe 1 - “Efeitos da transformação digital (TD) nos trabalhadores”, com 162 ST (26,87%); Classe 2 - “Como

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8703

o trabalhador deve agir na TD", com 126 ST (20,90%); Classe 3 -"Efeitos na construção com a TD", com 156 ST (25,8//7%); e Classe 4 - "Mudanças na construção com a TD", com 159 ST (26,37%).

Os segmentos de texto foram identificados pelo tipo de empresa dos respondentes: **Trad** (Tradicional), **Mod** (Modular) e ***Off*** (*Off-site*).

Figura 1 - Resultado CHD do grupo focal dos funcionários



Palavra	f	X²
De Repente	9	24,87
Mão-de-obra	19	19,71
Geração	11	19,50
Estudo	11	19,50
Ganhar	8	17,89
Realidade	7	15,17
Serviço	12	14,96
Falta	7	9,63

Palavra	f	X²
Aprender	22	62,77
Diferente	14	33,07
Conhecer	8	30,69
Coisas	34	25,15
Rápido	12	23,52
Evoluir	10	22,14
Acontecer	14	21,19
Industrial	5	19,09

Palavra	f	X²
Programa	14	40,02
Software	15	38,44
Peça	15	38,44
Material	21	28,81
Residuo	10	24,04
Perda	10	24,04
Digital	11	23,22
Aplicativo	8	22,64

Palavra	f	X²
Tecnol. Digitais	30	38,30
Qualidade	15	21,32
Produtividade	7	20,29
Desenvolvimento	8	15,54
Equipe	6	13,23
Método	6	13,23
Benefício	7	12,84
Ameaça	8	12,83

Fonte: O autor (2025).

Pelas evocações, a **Classe 1** traz conteúdos referentes aos efeitos da transformação digital nos trabalhadores. Os conteúdos se identificam com os construtos: percepção dos trabalhadores sobre a inserção de TDs nas empresas.

As abordagens sinalizam a necessidade de estudar e aprimorar competências, considerando a possibilidade de desemprego para aqueles que não se atualizarem, a melhoria das condições de trabalho e a redução do interesse dos jovens por atividades de trabalho consideradas pesadas. As transcrições das percepções expressadas pelos participantes evidenciam essas abordagens.

> ST 01: "*A construção civil vai sofrendo com a falta de mão de obra, e a tecnologia vem para suprir isso*" (Trad_01).
> ST 02: *"Vai abrir uma situação para o desemprego... o lugar que trabalhava três, quatro, vai ficar um só"* (Trad_02).
> ST 05: *"A minha geração parou aqui, a nova geração não quer trabalhar pesado"* (Trad_02).

Os participantes destacaram que as TDs surgem como uma solução para a escassez de mão de obra na CC, setor que enfrenta dificuldades para atrair jovens e depende cada vez mais de trabalhadores mais velhos.

A perspectiva otimista de [17], que prevê a criação de mais empregos do que a eliminação, contrasta com as preocupações expressadas pelos participantes das entrevistas acerca do desemprego gerado pela automação. Um entrevistado afirmou: "Vai abrir uma situação para o desemprego... o lugar que trabalhava três, quatro, vai ficar um só". Essa preocupação é corroborada por [19], que alertam para os riscos de exclusão social e aumento da desigualdade decorrentes da digitalização, principalmente para trabalhadores menos qualificados.

A **Classe 2**, adaptação do trabalhador à TD, revela que os trabalhadores da CC estão cientes da transformação digital que o setor está enfrentando e reconhecem a necessidade de adaptação e capacitação para se manterem relevantes no mercado de trabalho.

As percepções expressadas pelos participantes, registradas nas transcrições, destacam essas abordagens:

> ST 01: "*Na questão das habilidades e conhecimentos específicos para quem vai trabalhar numa empresa que utiliza TDs, eu acho que a base é só o cara ter a vontade de aprender."* (*Off_01*).
> ST 02: "*É um risco, você abrir para uma tecnologia nova, você não faz ideia. Mas se a pessoa tiver a mente aberta e conhecer um pouco da área, ela consegue.* (Trad_01).

As percepções associadas à Classe 2 alinham-se às observações de [18], que destacam a necessidade de os cidadãos gerenciarem ferramentas digitais, serem autônomos e assumirem o controle de sua segurança em um mundo em constante mudança tecnológica.

A **Classe 3** - "Efeitos da TD na Construção", aborda os impactos da transformação digital na CC, destacando suas implicações e efeitos sobre os processos e práticas do setor. Os segmentos de texto refletem as percepções dos respondentes sobre essas mudanças.

> ST 01: *"quando o pessoal começou a falar em robô, todo mundo ficou com medo. Mas a gente viu que a tecnologia, em alguns momentos, veio nos auxiliar, principalmente na área de segurança e produtividade. Infelizmente também teve demissões"* (Mod_01).
> ST 02: *"Eu acredito que as TDs melhoram a produtividade e ajuda na qualidade, inclusive em resposta de áreas de apoio, tanto quanto projeto, processos e qualidade. Eu vejo muitas oportunidades com as TDs e Indústria 4.0"* (Mod_01).

A redução de erros e desperdícios é mencionado frequentemente pelos participantes, a exemplo da transcrição da percepção de um participante do grupo focal da empresa *off-site*_01: "*Não que uma máquina não tenha erros, mas acredito que tem infinitamente menos erro do que se fosse um humano operacionalizando e melhora a produtividade*".

A **Classe 3** apresenta temas associados à mudança cultural e geracional. Essas mudanças exigem que empresas e governo invistam em programas de capacitação e treinamento para garantir que os trabalhadores possam se adaptar às novas demandas do setor.

A **Classe 4** - "Mudanças na Construção com a TD" traz conteúdos referentes às mudanças que foram realizadas na CC com o advento da transformação digital.
A análise dos dados mostra que os participantes reconhecem o potencial das TDs para otimizar processos e reduzir desperdícios na CC.

> ST 01: "*Sim, como, por exemplo, a questão do nosso programa de controle de produção, tudo hoje a gente está implantando para tudo ser bipado, controlado nos tablets, são TDs, é tudo programa e tudo tem treinamento para as TDs*." (Mod_02).
> ST 03: "*Hoje a gente tem um aplicativo, que a gente solicita o material, na hora chega para compradora, e já recebe a ordem de compra.* (Trad_01).

As percepções dos funcionários, foram que a digitalização dos processos no setor de edificações da CC gera impactos positivos no setor. Os participantes enfatizam o uso de aplicativos e programas que facilitam a gestão de materiais, o controle da execução das obras e melhoram a comunicação interna.

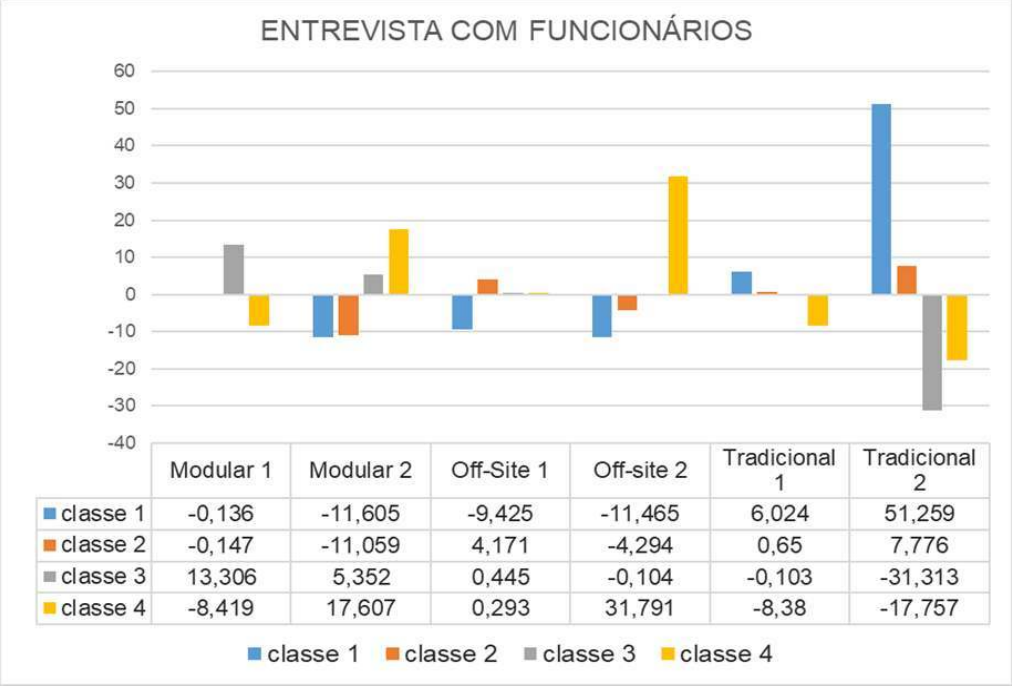
Em seu estudo, [19] destaca a crescente presença de robótica e automação na CC e argumenta que, apesar da resistência à adoção de novas tecnologias, a necessidade de modernização está impulsionando a implementação de inovações digitais. E [20] ressaltam que tecnologias emergentes, como internet das coisas (*IoT)* e sistemas ciberfísicos, aumentam a produtividade, embora apresentem desafios, como altos custos de implantação e riscos de exclusão digital para pequenas empresas.

Para [21], tecnologias como o *BIM* e *IoT* impactam positivamente a sustentabilidade, e a colaboração entre as partes interessadas pode influenciar apenas o desempenho econômico e ambiental. [22] destacam que a integração de *BIM* e *IoT* possibilita a adoção de modelos de negócios verdes, contribuindo para a eficiência ambiental e econômica.

A análise de especificidades lexicais, identifica associações estatisticamente significativas entre grupos e classes temáticas. Valores positivos elevados indicam forte associação de um grupo com a respectiva classe temática. O gráfico da **Figura 2** mostra quais evocações estão estatisticamente associadas a cada classe, com seus respectivos valores de qui-quadrado (χ^2).

As evocações dos grupos focais de funcionários foram positivas na Classe 1 “Efeito da transformação digital (TD) nos trabalhadores” para as empresas Tradicional 1 e significativamente positivas na empresa Tradicional 2; Na Classe 2 “Como o trabalhador deve agir na TD” foram positivas nas empresas Tradicional 2 e *Off-site* 1; Na Classe 3 “Efeitos na Construção com a TD” foram positivas nas empresas Modular 1 e Modular 2 e; Na Classe 4 “Mudanças na Construção com a TD” foram positivas na empresa Modular 2 e significativamente positivas na empresa *Off-site* 2.

Figura 2 - Resultado da análise de especificidades das entrevistas com os funcionários



	Modular 1	Modular 2	Off-Site 1	Off-site 2	Tradicional 1	Tradicional 2
classe 1	-0,136	-11,605	-9,425	-11,465	6,024	51,259
classe 2	-0,147	-11,059	4,171	-4,294	0,65	7,776
classe 3	13,306	5,352	0,445	-0,104	-0,103	-31,313
classe 4	-8,419	17,607	0,293	31,791	-8,38	-17,757

Fonte: O autor (2025).

O gráfico indica diferentes níveis de maturidade digital entre as empresas, em função do método de construção adotado em suas linhas de produção.

A Classe 1 aborda o efeito da TD nos trabalhadores e apresentaram evocações positivas nas empresas tradicionais. Isso indica que, nestas empresas, a TD tem provocado preocupações com a substituição de mão de obra e a necessidade de capacitação dos trabalhadores.

A Classe 2, que aborda como o trabalhador deve agir frente à TD, aparece com evocações positivas nas empresas "Tradicional 2" e "*Off-site* 1". Isso sugere que os funcionários dessas empresas reconhecem as necessidades de adaptação e de aprimorar suas habilidades para o trabalho com as novas tecnologias. Os funcionários da empresa "*Off-site* 1" apresentam maior percepção dessas necessidades, pois trabalham em fábricas que utilizam processos automatizados compatíveis com as tecnologias da I 4.0.

A Classe 3, que trata dos efeitos da TD na construção, foi positiva nas empresas "Modular 1" e "Modular 2". Aqui, a TD parece ser percebida como uma alavanca para ganhos de produtividade.

A Classe 4, que aborda as mudanças na construção com a TD, foi positiva na empresa "Modular 2" e significativamente positiva na empresa "*Off-site* 2". Isso mostra uma percepção de que a TD está provocando alterações na forma como se projeta, se organiza e monta o canteiro de obras.

CONCLUSÕES

O presente estudo evidenciou a importância de considerar o ponto de vista dos trabalhadores na adoção de TDs, ressaltando que o sucesso da transformação digital passa pela gestão cultural da mudança. Por isso, políticas públicas e iniciativas empresariais são essenciais para mitigar os impactos negativos. A adoção de TDs na construção civil exige investimentos, o que torna necessário o apoio do Estado por meio de linhas de financiamento e programas de fomento à pesquisa, desenvolvimento e inovação.

Programas de capacitação em TDs podem ser implementadas com apoio do governo e parcerias com universidades, organismos setoriais e empresas. Políticas voltadas ao desenvolvimento de TDs nacionalizadas podem promover a ampliação da empregabilidade e retenção de talentos no Brasil, substituindo a simples importação de tecnologias.

Do ponto de vista dos trabalhadores, os impactos da digitalização são contraditórios. Há ganhos significativos em termos de segurança no trabalho, ergonomia e redução de tarefas repetitivas e insalubres, porém há necessidade de programas de requalificação para aprendizagem e adaptação às novas TDs de modo a permitir uma transição inclusiva.

Observou-se que são poucas as empresas preparadas para a Indústria 4.0. Embora haja um movimento crescente de adoção de TDs, a maioria das empresas não segue um caminho estruturado em direção à plena integração dos princípios da I 4.0. Nos sistemas *off-site* e modular, a automação mais avançada, como o uso de robôs em linhas de produção, demanda um perfil profissional distinto, com maior domínio de competências digitais, capacidade de operar *softwares* especializados e flexibilidade cognitiva. Entre as empresas participantes, apenas uma - atuante no sistema *off-site* e dotada de robôs em sua linha de produção -, declara-se preparada para a indústria 4.0.

Diante do exposto, reforça-se a necessidade da colaboração entre empresas, universidades e instituições de ensino voltadas à formação e capacitação técnica de estudantes de arquitetura e de engenharia civil em TDs. Tal transformação implica na transição do ensino exclusivamente técnico e normativo para uma abordagem que seja interdisciplinar e sistêmica.

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, o primeiro autor utilizou o serviço *Grammarly* para a revisão gramatical do *abstract*. Após a utilização do serviço, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Anual da Indústria da Construção – 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=754

[2] MUSA, Muhamad Faiz *et al*. Towards the adoption of modular construction and prefabrication in the construction environment: A case study in Malaysia. **Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 11, n. 13, p. 8122-8131, 2016.

[3] KAMALI, Mohammad; HEWAGE, Kasun. Life cycle performance of modular buildings: A critical review. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 62, p. 1171-1183, 2016.

[4] SARBU, Flavius Aurelian; TICUSAN, Rares George. Research on the concept of antifragility in project management applied in industry 4.0. **Technovation**, 2021.

[5] CRAVEIRO, F., Duarte, J. P., Bartoloa, H., &Bartolod, P. J..Additive manufacturing as an enabling technology for digital construction: A perspective on Construction 4.0. **Sustain Dev**. 4(6), 2019.

[6] 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.

[7] MUKHUTY, Sumona; UPADHYAY, Arvind; ROTHWELL, Holly. Strategic sustainable development of industry 4.0 through the lens of social responsibility: the role of human resource practices. **Business strategy and the environment**. v. 31, n. 5, p. 2068-2081, 2022.

[8] HENG, S. **Industry 4.0**: upgrading of Germany's industrial capabilities on the horizon. Available at SSRN 2656608, 2014.

[9] FREY, Carl Benedikt; OSBORNE, Michael A. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? **Technological forecasting and social change**, v. 114, p. 254-280, 2017.

[10] OSCHINSKI, Matthias; WYONCH, Rosalie. Future shock? The impact of automation on Canada's labour market. **CD howe institute commentary**. n. 472, 2017.

[11] AVIS, James. Socio-technical imaginary of the fourth industrial revolution and its implications for vocational education and training: A literature review. **Journal of vocational education & training**. v. 70, n. 3, p. 337-363, 2018.

[12] GOMEZ-TRUJILLO, Ana Maria; GONZALEZ-PEREZ, Maria Alejandra. Digital transformation as a strategy to reach sustainability. **Smart and sustainable built environment**, v. 11, n. 4, p. 1137-1162, 2021.

[13] BENOTSMANE, Rabab; KOVÁCS, György; DUDÁS, László. Economic, social impacts and operation of smart factories in Industry 4.0 focusing on simulation and artificial intelligence of collaborating robots. **Social Sciences**. v. 8, n. 5, p. 143, 2019.

[14] BURDGE, Rabel J.; VANCLAY, Frank. Social impact assessment: a contribution to the state of the art series. **Impact Assessment**, v. 13, n. 1, p. 59–86, 1996.

[15] VANCLAY, Frank; BAINES, Janine; TAYLOR, Carly N. Social impact assessment: guidance for assessing and managing the social impacts of projects. **Fargo: International Association for Impact Assessment (IAIA)**, 2015.

[16] FREUDENBURG, William R.; GRAMLING, Robert. Community impacts of technological change: Toward a longitudinal perspective. **Social Forces**, v. 70, n. 4, p. 937-955, 1992.

[17] MASTOS, Theofilos D. *et al.* Introducing an application of an industry 4.0 solution for circular supply chain management. **Journal of Cleaner Production**. v. 300, p. 126886, 2021.

[18] MHLANGA, David. Artificial intelligence in the industry 4.0, and its impact on poverty, innovation, infrastructure development, and the sustainable development goals: Lessons from emerging economies?. **Sustainability**. v. 13, n. 11, p. 5788, 2021.

[19] GRYBAUSKAS, Andrius; STEFANINI, Alessandro; GHOBAKHLOO, Morteza. Social sustainability in the age of digitalization: a systematic literature review on the social implications of industry 4.0. **Technology in society**. v. 70, p. 101997, 2022.

[20] GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: **Atlas**, 2002.

[21] TORLIG, Eloisa Gonçalves da Silva; RESENDE JUNIOR, Pedro Carlos; FUJIHARA, Ricardo Ken; DEMO, Gisela; MONTEZANO, Lana. Proposta de validação para instrumentos de pesquisa qualitativa (Vali-Quali). **Revista Administração: Ensino e Pesquisa**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 1, p. 5-31, jan./abr. 2022.

[22] DE CAMPOS, E. A. R., Pagani, R. N., Resende, L. M., & Pontes, J. Construction and qualitative assessment of a bibliographic portfolio using the methodology Methodi Ordinatio. **Scientometrics**, 116(2), 815-842, 2018.

[23] SAMPAIO, Rafael *et al*. Uma técnica parada no tempo? Mapeamento da produção científica baseada em análise de conteúdo. **SciELO Brasil** (2002-19). 2021.

[24] REINERT, Max. Alceste une méthodologie d'analyse des données textuelles et une application: aurelia de gerard de nerval. **Bulletin of sociological methodology/ bulletin de méthodologie sociologique**. v. 26, n. 1, p. 24-54, 1990.

[25] CAMARGO, B. V., JUSTO, A. M. IRAMUTEQ: Um *software* gratuito para análise de dados textuais, 2013. **Temas em psicologia**. https://doi.org/10.9788/tp 2013.2-16.

[26] NAHAVANDI, Saeid. Industry 5.0: a human-centric solution. **Sustainability**, v. 11, n. 16, p. 4371, 2019.

[27] GONZÁLEZ-PÉREZ, Laura Icela; RAMÍREZ-MONTOYA, María Soledad. Components of Education 4.0 in 21st century skills frameworks: systematic review. **Sustainability**. v. 14, n. 3, p. 1493, 2022.

[28] BOGUE, Robert. What are the prospects for robots in the construction industry?. **Industrial Robot**: an international journal. v. 45, n. 1, p. 1-6, 2018.

[29] BALASUBRAMANIAN, Sreejith *et al.* Construction industry 4.0 and sustainability: an enabling framework. **IEEE transactions on engineering management**, v. 71, p. 1-19, 2021.

[30] LI, Ying et al. Effects of digital technology adoption on sustainability performance in construction projects: The mediating role of stakeholder collaboration. **Journal of Management in Engineering**, v. 38, n. 3, p. 04022016, 2022.

[31] LAMPTEY, Theophilus et al. A framework for the adoption of green business models in the Ghanaian construction industry. **Smart and Sustainable Built Environment.** v. 10, n. 3, p. 536-553, 2021.