

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO ENGENHARIA CIVIL

Amanda Hawerth

Tendências vinculadas com a Construção 4.0 sob a perspectiva de relatórios de mercado

Florianópolis

2022

Amanda Hawerroth

Tendências vinculadas com a Construção 4.0 sob a perspectiva de relatórios de mercado

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação submetido à
Disciplina de TCC II do curso superior de Engenharia
Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Juan José Oviedo Haito

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Hawerroth, Amanda

Tendências vinculadas com a Construção 4.0 sob a
perspectiva de relatórios de mercado / Amanda Hawerroth ;
orientador, Ricardo Juan José Oviedo Haito, 2022.

94 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Construção 4.0. 3. Indústria
4.0. 4. Tendências. I. Juan José Oviedo Haito, Ricardo.
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Civil. III. Título.

Amanda Hawerth

Tendências vinculadas com a Construção 4.0 sob a perspectiva de relatórios de mercado

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 16 de dezembro de 2022.

Banca Examinadora:

Prof. Ricardo Juan José Oviedo Haito, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Eduardo Lobo
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. ° Murilo Blanco Mello
Avaliador
Brasil ao Cubo

Eng. ° Rafael Fernandes de Matos, Msc.
Avaliador
VerumPartners

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida e que foi um verdadeiro guia nesta jornada.

Aos meus amados pais, Giovânia e Simão, e ao meu noivo Gean, que sempre acreditaram no meu potencial e contribuíram com essa conquista. Essa vitória também é de vocês. Amo vocês mais que tudo.

Por fim, ao meu orientador, que através de sua dedicação, sabedoria e paciência guiou-me nessa trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter permitido que eu tivesse saúde e que fez com que meus objetivos fossem alcançados, por me permitir superar todos os obstáculos ao longo da elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, Giovânia e Simão, por todo ensinamento, apoio e amor, desde sempre. Agradeço por terem acreditado em mim, estarem sempre presentes nas horas difíceis. Este trabalho prova que todo esforço deles não foram em vão e valeram a pena. Tudo que sou hoje devo a eles.

Ao meu noivo, Gean, pelo incentivo, ajuda e paciência comigo no momento de elaboração do trabalho. Ao longo desses meses me deu forças para vencer essa etapa na minha vida acadêmica. Obrigada, meu amor, por suportar todas as crises de estresse, ansiedade e minha ausência em diversos momentos.

À minha cachorrinha, Amora, que esteve presente em vários momentos da elaboração do trabalho, inclusive em reuniões com o orientador, me interrompendo, pedindo para passear ou então com seus latidos.

Ao meu professor, Ricardo, por ter me aceitado como orientanda, pela sua disponibilidade, pelas reuniões em praticamente qualquer horário do dia, principalmente nos sábados de manhã, por estar sempre disposto a responder dúvidas, inclusive respondendo mensagens de manhã cedo. Por todo seu conhecimento transmitido ao longo da elaboração deste trabalho. Sentirei saudades de sua orientação, gratidão por ter te conhecido, pelos ensinamentos e por todas as palavras de incentivo. Você contribuiu com a profissional que serei daqui para frente.

Aos meus colegas de faculdade, em especial aos meus amigos, Letícia, Ismael, Milena, Natália, Beatriz, Eduarda, Miriam, companheiros de estudo e amizade, que fizeram parte da minha formação e continuarão presentes em minha vida. Às colegas do grupo “Futuro da Construção” Andreza, Beatriz e Joana.

À Universidade e a todo seu corpo docente que me proporcionou um ensino de qualidade.

Por fim, a todos que de alguma forma contribuíram para meu crescimento profissional e pessoal, desde a época do ensino técnico no IFSC, todos estágios, trabalhos e pesquisas realizadas.

“Você pode sonhar, criar,
desenhar e construir o mundo mais
maravilhoso do mundo. Mas é
necessário ter pessoas para
transformar seu sonho em
realidade”

(Walt Disney)

RESUMO

A construção civil é um dos setores que mais contribuem com a economia mundial. Contudo, apesar de seu grande impacto, o setor ainda apresenta dificuldades para aumentar seus benefícios. Recentemente, a Indústria 4.0, considerada a principal tendência da atualidade, oferece soluções através de inovações, proporcionando economia, agilidade e vantagem competitiva. Quando aplicada à construção denomina-se Construção 4.0. Apesar desses benefícios, pouco se sabe quais são as tendências decorrentes da quarta revolução industrial para os próximos anos. Nesse sentido, este trabalho objetiva identificar as tendências vinculadas com a Construção 4.0 a partir de relatórios de mercado. Para tanto, uma pesquisa foi conduzida, identificando potenciais artefatos nestes relatórios de mercado que indicassem tendências e estes classificados em categorias. Os resultados sintetizam-se em quadros e esquemas, os quais indicam as tendências em categorias: mudanças, impactos/benefícios e barreiras/fatores chaves de sucesso decorrentes das mudanças e os meios para que as mudanças sejam alcançadas. Especificamente, as principais contribuições do trabalho são o preenchimento da lacuna referente a falta de conhecimento das tendências que irão moldar o futuro da construção civil, visto seu cenário atual, e também, a compreensão das novas oportunidades de crescimento no mercado de trabalho do setor.

Palavras-chave: Construção 4.0; Indústria 4.0; Tendências.

ABSTRACT

Construction industry is one of the sectors that most contribute to the world economy. However, despite its great impact, this sector still struggles to increase its benefits. Recently, Industry 4.0, considered the main current trend, offers solutions through innovations, providing savings, agility and competitive advantage. When applied to construction, it is called Construction 4.0. Despite these benefits, little is known about the trends resulting from the fourth industrial revolution for the coming years. In this sense, this work aims to identify trends linked to Construction 4.0 based on market reports. For that, research was conducted, identifying potential artifacts in these market reports that indicate trends and these classified into categories. The results are summarized in charts and diagrams, which indicate the trends in categories: changes, impacts/benefits and barriers/key success factors resulting from the changes and the means for the changes to be achieved. Specifically, the main contributions of the work are filling the gap regarding the lack of knowledge of the trends that will shape the future of construction industry, given its current scenario, and also, the understanding of new opportunities for growth in the sector's job market.

Keywords: Construction 4.0; Industry 4.0; Trends.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 01 - Metodologia de pesquisa.</i>	27
<i>Figura 02 - Exemplo de planilha para a organização dos relatórios de mercado identificados.</i>	31
<i>Figura 03 - Exemplo da organização dos dados extraídos dos relatórios esquematizados no XMind.</i>	32
<i>Figura 04 - Exemplo de categorização dos dados teóricos.</i>	32
<i>Figura 05 - Fluxograma de análise e verificação dos dados teóricos.</i>	34
<i>Figura 06 - Planilha de armazenamento dos dados levantados nos relatórios de mercado.</i>	35
<i>Figura 07 - Planilha de armazenamento das respostas do conjunto de dados.</i>	36
<i>Figura 08 - Divisão das subcategorias na categoria tecnologia.</i>	37
<i>Figura 09 - Divisão das subcategorias na categoria produto</i>	37
<i>Figura 10 - Divisão das subcategorias na categoria método de trabalho.</i>	37
<i>Figura 11 - Divisão das subcategorias na categoria demanda.</i>	38
<i>Figura 12 - Divisão das subcategorias na categoria estratégia competitiva.</i>	38
<i>Figura 13 – Exemplo de fluxograma para validação de categorias.</i>	39
<i>Figura 14 - Fluxograma para validação das perguntas.</i>	40
<i>Figura 15 – Esquema com as subcategorias atribuídas a cada categoria.</i>	42
<i>Figura 16 - Indicadores de tendências na categoria tecnologia.</i>	44
<i>Figura 17 – Indicadores de mudanças na categoria tecnologia</i>	45
<i>Figura 18 – Indicadores de meios na categoria tecnologia</i>	51
<i>Figura 19 – Indicadores de tendências na categoria produto</i>	54
<i>Figura 20 - Indicadores de tendências na categoria método de trabalho</i>	58
<i>Figura 21 – Indicadores de mudanças na categoria método de trabalho</i>	59
<i>Figura 22 – Indicadores de meios na categoria método de trabalho</i>	63
<i>Figura 23 – Indicadores de tendências na categoria estratégia competitiva</i>	67
<i>Figura 24 - Indicadores de mudanças na categoria estratégia competitiva</i>	68
<i>Figura 25 – Indicadores de meios na categoria estratégia competitiva</i>	72
<i>Figura 26 - Indicadores de tendências na categoria demanda</i>	74
<i>Figura 27 – Indicadores de impacto – aumento na categoria demanda.</i>	75
<i>Figura 28 – Indicadores de impacto – diminuição na categoria demanda.</i>	76
<i>Figura 29 - Dashboard sintetizando os resultados.</i>	78

LISTA DE QUADROS

<i>Quadro 01 - Conceitos vinculados com as tendências da Construção 4.0</i>	21
<i>Quadro 02 – Tecnologias e definições</i>	22
<i>Quadro 03 - Relatórios de mercado identificados</i>	28
<i>Quadro 04 - Categorização das tendências vinculadas com a Construção 4.0.</i>	42
<i>Quadro 05 - Categorização das implicações/consequências dos resultados.</i>	43
<i>Quadro 06 – Classificação e exemplos de indicadores de tecnologias.</i>	46
<i>Quadro 07 – Indicadores de benefícios na categoria tecnologia.</i>	48
<i>Quadro 08 - Tecnologias oferecidas pelas startups vs implementadas pelas empresas</i>	49
<i>Quadro 09 – Indicadores de barreiras na categoria tecnologia.</i>	49
<i>Quadro 10 – Indicadores de meios na categoria tecnologia.</i>	51
<i>Quadro 11 – Indicadores de mudanças na categoria produto</i>	54
<i>Quadro 12 – Indicadores de impactos na categoria produto.</i>	55
<i>Quadro 13 – Indicadores de meios na categoria produto.</i>	56
<i>Quadro 14 – Indicadores de impacto na categoria método de trabalho.</i>	60
<i>Quadro 15 – Indicadores de barreiras na categoria método de trabalho.</i>	62
<i>Quadro 16 – Indicadores de mudanças na categoria sustentabilidade.</i>	65
<i>Quadro 17 – Estratégias de inovação nas empresas.</i>	69
<i>Quadro 18 – Indicadores de impactos na categoria estratégia competitiva.</i>	70
<i>Quadro 19 – Indicadores de barreiras na categoria método de trabalho.</i>	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM – Additive Manufacturing

BIM – Building Information Modeling

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

ESG – Environmental, Social and Corporate Governance

IoT – Internet of Things

PIB – Produto Interno Bruto

RA – Realidade Aumentada

RFID – Radio Frequency Identification

RI – Revolução Industrial

RPA – Robotic Process Automation

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos Específicos	16
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
1.3	LIMITAÇÕES DO TRABALHO	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	CONSTRUÇÃO 4.0	17
2.1.1	Histórico e definição	17
2.1.2	Benefícios	18
2.1.3	Desafios	20
2.2	CONCEITOS VINCULADOS COM AS TENDÊNCIAS DA CONSTRUÇÃO 4.0	21
2.3	TECNOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO 4.0	22
3	METODOLOGIA	26
3.1	ENTENDIMENTO DO TEMA E DA PERGUNTA DE PESQUISA	27
3.2	ESCOLHA DAS FONTES DE INFORMAÇÃO	28
3.3	COLETA DE DADOS	30
3.4	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	32
3.5	VALIDAÇÃO DOS DADOS	38
3.6	REDAÇÃO DE DESCOBERTAS E CONCLUSÕES	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1	CATEGORIZAÇÃO DAS TENDÊNCIAS VINCULADAS COM A CONSTRUÇÃO 4.0	41
4.2	TECNOLOGIA	43
4.2.1	Mudanças	45

4.2.2	Impactos/benefícios.....	48
4.2.3	Barreiras/fatores chaves de sucesso	49
4.2.4	Meios	50
4.3	PRODUTO	53
4.3.1	Mudanças.....	54
4.3.2	Impactos.....	55
4.3.3	Meios	56
4.4	MÉTODO DE TRABALHO	57
4.4.1	Mudanças.....	58
4.4.2	Impactos.....	60
4.4.3	Barreiras	62
4.4.4	Meios	63
4.5	SUSTENTABILIDADE	65
4.5.1	Mudanças.....	65
4.6	ESTRATÉGIA COMPETITIVA.....	66
4.6.1	Mudanças.....	67
4.6.2	Impactos.....	69
4.6.3	Barreiras	71
4.6.4	Meios	72
4.7	DEMANDA.....	74
4.7.1	Impactos.....	75
4.8	SÍNTESE DOS RESULTADOS.....	77
4.9	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	80
	5 CONCLUSÕES.....	82
	REFERÊNCIAS	84

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é responsável por impulsionar a economia nacional, dado pelo crescimento de 9,7% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2021 (IBGE, 2022). Segundo CBIC-Câmara Brasileira da Indústria da Construção, (2022), este resultado representa uma retomada de atividades econômicas, antes paralisadas devido ao vírus SARS-CoV2. Além disso, na economia mundial são gastos aproximadamente US\$ 10 trilhões em bens e serviços relacionados à construção civil todos os anos.

Entretanto, segundo Barbosa *et al.*, (2017) o setor da construção civil possui uma margem de lucro baixa quando comparada a outros setores. Especificamente, com 4,4%, enquanto por exemplo a indústria farmacêutica, possui 19,8%. Justificativa esta dada pelo crescimento anual da produtividade no setor da construção ser de apenas um terço da média econômica mundial (RIBEIRINHO *et al.*, 2020). Ainda segundo Barbosa *et al.* (2017), uma baixa produtividade gera um projeto de gestão e execução pobre, com habilidades insuficientes, processos e projetos inadequados, com baixo investimento em desenvolvimento e inovação. Já segundo Armstrong e Gilge (2017) o setor da construção ainda possui dificuldades para aumentar a produtividade, elevar níveis de desempenho e reduzir falhas, pois ainda oferecem serviços tradicionais e operam de modo manual.

De acordo com Craveiro *et al.* (2019), alguns setores industriais, como automotivo e aeronáutico passaram por mudanças ao adotar tecnologias digitais para melhorar a qualidade e produtividade. Essa transformação digital é descrita como Indústria 4.0, que transforma as cadeias de valor da indústria e da produção e os modelos de negócio da empresa. Além disso, um novo conceito aproximou-se da Indústria 4.0, a chamada Construção 4.0, um termo que significa a aplicação da Indústria 4.0 no setor da construção civil (BERGER, 2016; SAWHNEY *et al.*, 2020), na qual tem potencial para revolucionar as práticas e técnicas da indústria do setor. Alguns de seus benefícios são: redução de ineficiência e desperdício, melhoria na qualidade e produto, redução do prazo da obra e melhoria no desempenho das empresas (OVIDO-HAITO; MORATTI; CARDOSO, 2019; SAWHNEY *et al.*, 2020). Cabe destacar que o uso de tecnologias da Construção 4.0 tem capacidade de melhorar a gestão, operação e tomada de decisão em empreendimentos de construção (OSUNSANMI *et al.*, 2020). Além disso, a Indústria 4.0 é a principal tendência da atualidade, sendo fundamental para os negócios, ajudando a aumentar a lucratividade e aumentar a competitividade no mercado (CAVALCANTI *et al.*, 2018).

Ademais, segundo Guimarães e Santos, (2022), o setor da construção civil possui grande significado no cenário da indústria global e vive transformações constantes. Além disso, as empresas buscam cada vez mais alternativas que tragam vantagem competitiva, economia de recursos e melhorias contínuas, que tragam flexibilidade para reagir com rapidez as mudanças do mercado, como por exemplo, adaptabilidade para responder aos desafios emergentes (GUIMARÃES; SANTOS, 2022).

Visto isso, percebeu-se que mudanças são necessárias, e embora sabe-se que a Construção 4.0 impacta o setor ao trazer inovações com novas soluções, redução de custo, agilidade e competitividade, pouco se sabe quais são as tendências vinculadas com a Construção 4.0 para os próximos anos, com isso, torna-se imprescindível a identificação dessas mudanças decorrentes da quarta revolução industrial, seus benefícios e impactos, barreiras e quais os meios para alcançá-las. Uma fonte para isso seriam relatórios de consultoria e instituições de mercado, escolhidas pelo fato de que apresentam cenários futuros da indústria. Desta forma, perguntou-se: “Quais são as tendências vinculadas com a Construção 4.0 segundo empresas de consultoria?”

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar tendências vinculadas à Construção 4.0, com base em relatórios de mercado de empresas conceituadas da indústria.

1.1.2 Objetivos Específicos

- 1.1.1 Categorizar as tendências vinculadas com a Construção 4.0;
- 1.1.2 Identificar as mudanças decorrentes da quarta revolução industrial aplicada à construção;
- 1.1.3 Indicar quais os impactos/benefícios dessas mudanças;
- 1.1.4 Identificar quais as barreiras/chaves de sucesso para as mudanças.
- 1.1.5 Apontar quais os meios para alcançar as mudanças;

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é constituído por cinco capítulos. O Capítulo 1 consiste na Introdução, estando presente uma contextualização a respeito do setor da construção civil, dados provenientes de relatórios de mercado, a justificativa para este trabalho, bem como a apresentação dos objetivos gerais e específicos e a estruturação do trabalho.

O Capítulo 2 compreende a revisão bibliográfica, que aborda o conceito de Construção 4.0, com destaque para seu histórico, benefícios e desafios. Além disso apresenta os conceitos vinculados com as tendências da Construção 4.0.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia aplicada na elaboração do presente trabalho. O Capítulo 4 contém os resultados e discussão. Apresenta quais as categorias de tendências da Construção 4.0 foram encontradas durante a pesquisa. Também apresenta quais as mudanças, impactos/benefícios e barreiras/fatores chaves de sucesso provenientes dessas mudanças e os meios para que estas sejam alcançadas. Apresenta uma síntese, como síntese dos resultados encontrados. Além disso, apresentam as discussões dos resultados.

Por fim, no Capítulo 5 são apresentadas as conclusões do trabalho.

1.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho limitou-se à busca por relatórios de mercado de empresas de consultoria datadas no período de 2016-2022 (seis anos). Neste trabalho incluem-se comparações com outros setores da indústria, porém os resultados apresentados concentram-se no setor da construção civil.

Para manter a vinculação com os relatórios que originaram os resultados deste trabalho, a terminologia específica provinda do inglês, se manteve neste texto na sua língua de origem, pois termos encontrados são neologismos sem tradução oficial na língua portuguesa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSTRUÇÃO 4.0

2.1.1 Histórico e definição

Para introduzirmos o conceito de Construção 4.0, é necessário entender a chamada Indústria 4.0. Segundo Forcael *et al.* (2020), desde o início da industrialização, os avanços tecnológicos levaram a mudanças de paradigma que hoje são chamadas de "revoluções industriais" (RI). A primeira RI é relacionada com a invenção da máquina a vapor, através da mecanização e instalações fabris; a segunda RI é caracterizada pela produção em linhas de montagem através da mecanização e do uso de maquinários; a terceira RI é caracterizada pela automação e robotização, utilizando tecnologia da informação e softwares de tecnologia BIM,

por exemplo; já a quarta RI é marcada pela digitalização e "servitização" (LAU *et al.*, 2019; NOWOTARSKI; PASLAWSKI, 2017; OVIEDO-HAITO; MORATTI; CARDOSO, 2019).

O termo Indústria 4.0 surgiu no ano de 2011, a partir de iniciativas estratégicas do governo da Alemanha para consolidar o país como líder na área de tecnologias e fortalecer sua competitividade global (ALBERTIN *et al.*, 2017; ZABIDIN; BELAYUTHAM; IBRAHIM, 2020). Após isso, vários autores apresentaram conceitos para o termo.

Segundo Muñoz-La Rivera *et al.* (2021), a Indústria 4.0 refere-se à um novo nível de organização, controle e desenvolvimento de processos e produtos, ao longo de todo o seu ciclo de vida, utilizando tecnologias para sucessivas gerações de ferramentas avançadas e técnicas para a otimização de processos de forma sincronizada e eficiente. Já para Sawhney; Riley; Irizarry (2020), a Indústria 4.0 é um termo amplo que consiste em uma “*confluência de tendências e tecnologias*” que provavelmente reformularão a forma como as coisas são feitas. Ou seja, para estes autores o termo refere-se às mudanças através da utilização de tecnologias para transformação do setor da construção.

Já no ponto de vista de Nowtarski e Palawski, (2017), a Indústria 4.0 combina métodos de produção com tecnologia da informação e comunicação, desta maneira os produtos podem ser fabricados com base nas necessidades individuais dos clientes. Nesse sentido, para Zabidin, Belayutham e Ibrahim, (2020), o termo é definido como uma forma de controle sobre toda a cadeia de valor e ciclo de vida dos produtos. Dito isso, a Indústria 4.0 oferece às empresas novas oportunidades para diferenciar seus produtos e serviços (SCHUH *et al.*, 2020).

A aplicação da Indústria 4.0 na construção civil é chamada de Construção 4.0 (BERGER, 2016; SAWHNEY *et al.*, 2020), na qual é uma resposta do setor da construção para adoção e implementação da Indústria 4.0 (MUÑOZ-LA RIVERA *et al.*, 2021), gerando transformação no setor através da automação e digitalização (CRAVEIRO *et al.*, 2019). Para Oviedo-Haito, Moratti e Cardoso (2019), a Construção 4.0 é marcada pela digitalização e “servitização”.

A digitalização refere-se ao uso crescente de tecnologias digitais para conectar pessoas, sistemas, empresas, produtos e serviços (HSU, 2007). Já a “servitização” corresponde ao processo de adicionar serviços ao serviço principal ofertado por meio de tecnologias digitais responsáveis por automatizar as atividades (BETIATTO, 2021).

2.1.2 Benefícios

Muitos são os benefícios decorrentes da Construção 4.0, porém muitas empresas não conhecem ou ainda são conservadoras e pouco abertas às mudanças no setor da construção civil (OVIEDO-HAITO; MORATTI; CARDOSO, 2019). Com isso, especialmente as empresas de pequeno e médio porte possuem dificuldades em utilizar as aplicações e os conceitos da Indústria 4.0 (NOWOTARSKI; PASLAWSKI, 2017). Esse conservadorismo deve-se ao fato de que não há mão de obra e habilidades para pesquisar, testar e implementar novas soluções (NOWOTARSKI; PASLAWSKI, 2017). Dessa forma percebe-se necessidade de busca e conhecimento dos conceitos e benefícios da Indústria 4.0.

Para Cavalcanti *et al.* (2018), a Indústria 4.0 representa uma infinidade de possibilidades para a manufatura em diversos segmentos: possibilita conectar máquinas, desenvolver robôs com autonomia, identificar falhas no processo e melhorar a precisão e agilidade das atividades, dessa forma, aumentando sua eficiência. Para Schuh *et al.* (2020), a Indústria 4.0 descreve a integração de informação e comunicação tecnológica nas indústrias, aumentando a eficiência dos processos, rotinas e sistemas, permitindo que a indústria tenha novas oportunidades para se diferenciar em seus produtos e serviços.

Segundo Oviedo-Haito, Moratti e Cardoso, (2019), a Construção 4.0 proporciona os seguintes benefícios: melhoria na qualidade do produto, diminuição do tempo e comercialização, aumento da colaboração entre as empresas, redução do prazo da obra e melhoria no desempenho da empresa.

Para Osterreich; Teuteberg, (2016), os benefícios da Construção 4.0 são aumento da qualidade do produto final, melhoria no relacionamento dos clientes, aumento da segurança no ambiente de trabalho, aumento da sustentabilidade, economia de tempo e dinheiro, entrega de projetos no prazo e aumento da qualidade do produto final.

Já para Porter; Heppelmann, (2014), a Construção 4.0 proporciona ao setor da construção novas oportunidades de negócio no mercado. Os benefícios são de redução de custo, tempo e mão de obra da construção, promove a industrialização, proporciona maior qualidade na construção e melhora o compartilhamento e coleta de informações (QI *et al.*, 2020).

Desta forma, percebe-se que a Construção 4.0 traz uma série de benefícios para a empresa que geram competitividade e diferenciação no mercado, proporcionados por exemplo, pelo aumento da produtividade, integração ao mercado, inserção de tecnologias e investimento em pesquisa e inovação.

2.1.3 Desafios

Nos últimos anos a Indústria 4.0 foi introduzida como um termo popular para descrever a tendência da digitalização e automação do ambiente de fabricação (OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016). Apesar de seus benefícios em termos de melhoria de produtividade e qualidade, este termo não tem ganhado muita atenção no setor da construção, em razão de que ainda é desconhecido o ambiente de fabricação cada vez mais digitalizado e automatizado (OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016).

De acordo com uma pesquisa realizada por Berger (2016), 93% das partes interessadas na construção concordam que a digitalização afetará cada processo; porém menos de 6% das empresas de construção utilizam ferramentas de planejamento digital. Justificativa esta dada pelo fato de que as empresas, principalmente de médio e pequeno porte, possuem capacidade limitada para investimento em novas tecnologias (OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016).

Dentre os principais desafios identificados para a implementação da Construção 4.0 encontram-se: resistência da indústria em mudar; alto custo para implementar e manter as tecnologias; pouco investimento em pesquisas e desenvolvimento; necessidade de melhorar as habilidades; falta de padrões; incertezas de projetos, pois cada projeto possui características específicas; maior parte das empresas não possui capital para investimento; incerteza dos benefícios; necessidade de treinamento de mão de obra; necessidade de mudanças da organização da empresa; pouco conhecimento das tecnologias, como por exemplo não saber como funcionam e como implementar as tecnologias na indústria. (OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016; OSUNSANMI *et al.*, 2020; OVIEDO-HAITO; MORATTI; CARDOSO, 2019; SAWHNEY *et al.*, 2020).

Além disso, cabe destacar que, atualmente, informações existentes sobre a Construção 4.0 são deficientes, pois não dão uma perspectiva adequada, resultando em uma análise limitada das informações (FORCAEL *et al.*, 2020), com efeito, segundo Oesterreich e Teuteberg, (2016), a falta de inovação e progresso tecnológico anda de mãos dadas com o baixo investimento em pesquisa e desenvolvimento, fato que surpreende, pois a indústria da construção é um dos maiores contribuintes para emprego e economia mundial.

Diante do exposto, os desafios apresentados podem ser reduzidos ou então solucionados, uma forma é através da identificação dos impactos e benefícios das mudanças vinculadas com a quarta revolução industrial, além dos meios para que essas mudanças sejam alcançadas.

2.2 CONCEITOS VINCULADOS COM AS TENDÊNCIAS DA CONSTRUÇÃO 4.0

Durante a elaboração do trabalho, elencaram-se diversos conceitos que se fazem necessário para explicação dos resultados da pesquisa. Para tal, elaborou-se o Quadro 01 com os principais conceitos vinculados com as tendências da Construção 4.0.

Quadro 01 - Conceitos vinculados com as tendências da Construção 4.0

Termo	Conceito	Autor
<i>Estratégia</i>	Estratégia pode ser vista como um plano, perspectiva, padrão ou posicionamento. (p.27)	Mintzberg (1994)
<i>Cadeia de valor</i>	Cadeia de valor são as diferentes atividades que se desenvolvem ao longo da cadeia da empresa e que se caracterizam pela capacidade das mesmas a acrescentar valor a uma operação em curso, tal como este é percebido pelo cliente. (p.12)	Cardoso (1996)
<i>Cadeia de suprimentos</i>	A cadeia de suprimentos refere-se a todas as atividades, desde o refino de matérias-primas até o final produtos (p.91)	(Thunberg; Rudberg; Karrbom; Gustavsson, (2017)
<i>Vantagem competitiva</i>	Vantagem competitiva é o benefício obtido com a implementação de alguma estratégia única de criação de valor. (p.6)	Hoffman (2000)
<i>Capacidades</i>	Capacidades vinculam-se com a exploração de competências específicas da empresa interna e externa existentes para lidar com ambientes em mudança. Análise são realizadas para identificar as capacidades que podem ser combinadas para que sejam fontes de vantagem competitiva. (p.510)	(Teece; Pisano; Shuen, 1997)

Quadro 01 - Conceitos vinculados com as tendências da Construção 4.0

<i>Produtos inteligentes</i>	Produtos inteligentes e conectados oferecem uma expansão exponencial oportunidades para novas funcionalidades, confiabilidade muito maior, muito maior utilização do produto e recursos que atravessam e transcender as fronteiras tradicionais do produto. (p.2)	Porter; Heppelmann (2014)
<i>Construção modular</i>	Edificações modulares são um conjunto de módulos construídos offsite, entregues no canteiro, montados e posicionados nas fundações permanentes. (p.22)	Baú (2021)

Elaboração: A Autora (2022).

No Quadro 01, na primeira coluna inseriram-se os termos encontrados no trabalho. Na segunda coluna encontra-se o respectivo conceito de cada termo. Já na última encontra-se o autor do respectivo conceito.

2.3 TECNOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO 4.0

Para apresentar os conceitos de cada tecnologia encontrada neste trabalho, optou-se por fazer o Quadro 02.

Quadro 02 – Tecnologias e definições

Tecnologia	Conceito	Autor
<i>3D printing</i>	"Additive Manufacturing (AM), comumente conhecida como impressão 3D, fabrica componentes em camadas diretamente a partir de um arquivo digital". (p. 110)	Camacho <i>et al.</i> , (2018)
<i>Advances robotics/RPA</i>	"RPA é um termo abrangente para ferramentas que operam na interface do usuário de outros sistemas de computador da maneira que um ser humano faria.". (p. 268)	van der Aalst; Bichler; Heinzl (2018)
<i>Artificial intelligence</i>	"Inteligência artificial: esta tecnologia tem sido usada para simular o processo de pensamento e comportamento dos	Paschou <i>et al.</i> (2018)

Quadro 02 – Tecnologias e definições

	seres humanos. Um dos nichos mais ativos da IA é o aprendizado de máquina, que beneficia as decisões preventivas". (p. 150)	
<i>Augement reality</i>	"A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que pode ser definida como aquela capaz de enriquecer o ambiente real com objetos virtuais, utilizando algum dispositivo tecnológico em tempo real". (p.247)	Ishida <i>et al.</i> (2015)
<i>Big data/analytics</i>	"Big Data e Analytics: Big data e analytics referem-se às técnicas usadas para minerar e processar grandes conjuntos de dados estruturados e não estruturados, a fim de identificar padrões, desenvolver modelos preditivos e gerar decisões valiosas em um contexto de negócios". (p. 149)	Paschou <i>et al.</i> (2018)
<i>Blockchain</i>	"Um <i>blockchain</i> é um tipo de livro-razão eletrônico de informações digitais (como registros, eventos ou transações) que requer um "hash" para fins de segurança digital e é autenticado e mantido pelos participantes usando um grupo de protocolo de consenso por meio de uma rede descentralizada. <i>Blockchain</i> recebeu seu nome pelo motivo de que, em intervalos programados, cada informação sobre a transação é registrada como um 'bloco' adicionado à 'cadeia' formando um registro incorruptível de ' <i>blockchain</i> ". (p. 1)	San; Choy; Fung (2019)
<i>Building Information Modeling (BIM)</i>	" <i>Building Information Modeling (BIM)</i> é um conceito que cresceu rapidamente no campo da gestão de engenharia de construção. BIM é uma tecnologia que descreve um projeto de engenharia consistindo em instalações inteligentes com propriedades de dados e regras de parâmetros próprios, nas quais a aparência de cada objeto, seus componentes e características internas podem ser exibidos na forma de figuras tridimensionais." (p. 2)	Li e Yang (2017)
<i>Cloud Computing</i>	"Computação em nuvem: esta tecnologia permite acesso compartilhado de recursos de computação - como servidores, armazenamentos e sistemas operacionais - que podem ser configurados e provisionados sob demanda, com esforço mínimo de gerenciamento" (p. 149)	Paschou <i>et al.</i> (2018)
<i>Unmanned aerial vehicle - Drone</i>	O termo " <i>drone</i> " é usado popularmente para descrever qualquer aeronave com alto grau de automatismo. De uma forma geral, toda aeronave " <i>drone</i> " é um aeromodelo ou uma aeronave não tripulada remotamente pilotada". (p. 3)	Santos (2020)

Quadro 02 – Tecnologias e definições

<i>Edge Computing</i>	“Edge computing representa áreas específicas de computação em nuvem que pretende melhorar o design de aplicativos em nuvem, organizar o processamento das fontes de dados na rede, reduzindo assim a latência das comunicações e melhorando confiabilidade e outros aspectos”. (p.183)	Konchovski; Stankovski (2018)
<i>Internet of things (IoT)</i>	"A Internet das Coisas é um sistema onde os objetos do cotidiano podem ser equipados com recursos de identificação, detecção, rede e processamento que permitirão que eles se comuniquem entre si e com outros dispositivos e serviços pela Internet para atingir algum objetivo. IoT é um sistema de inter-relação de dispositivos inteligentes com a capacidade de transferir dados em uma rede sem a necessidade de interação humano-humano ou humano-computador." (p. 276)	Li <i>et al.</i> (2019)
<i>Quantum computing</i>	“A computação quântica é um computador tradicional que pode acessar e manipular informações quânticas. Enquanto que nos computadores tradicionais as informações são representadas por 0s e 1s, chamados de bits, na computação quântica são usados os chamados qubits, que são configurações distintas atribuídas aos valores de bit 0 e 1, sendo que o estado de qubit pode ser qualquer combinação ou superposição das duas configurações de bit 0 e 1”. (p.441)	Knill (2010)
<i>RFID (Radio Frequency Identification)</i>	“A identificação por radiofrequência (RFID) refere-se a uma área das tecnologias de identificação automática (auto ID) em que são utilizadas as frequências de rádio para captura e transmissão de dados”. (p.189)	Jaselskis <i>et al.</i> (1995)
Robotics	Normalmente, os robôs de construção realizam, até certo ponto, tarefas específicas (acabamento em concreto, pintura de parede, assentamento de tijolos, limpeza de fachadas, demolição, etc.) Além disso, novas formas de robôs surgiram, como adição e integração de abordagens aéreas, exoesqueletos para aumento de potência, tecnologias de manufatura aditiva, robôs colaborativos e tecnologia de robôs humanoides. Esses robôs ajudam os trabalhadores da construção em tarefas mais gerais e podem ser considerados tarefas genéricas. Sistemas maiores e completos são	Pan <i>et al.</i> (2020)

Quadro 02 – Tecnologias e definições

	chamados de sistemas integrados automatizados e robóticos ou fábricas automatizadas / robóticas no local.	
<i>Sensors</i>	"Um sensor é um dispositivo ou transdutor que recebe informações sobre vários efeitos físicos, como efeitos mecânicos, ópticos, elétricos, acústicos e magnéticos e os converte em sinais elétricos. Esses sinais elétricos podem ser acionados pela unidade de controle". (p. 5)	Kim; Russell (2003)
<i>Virtual Reality</i>	"A realidade virtual está sujeita a inúmeras definições: por ex. 'uma simulação gerada por computador do mundo real', 'a ilusão de participação em um ambiente sintético ao invés de observação externa de tal ambiente', ou 'uma simulação gerada por computador de ambiente tridimensional (3D)', em que o usuário é capaz de visualizar e manipular o conteúdo desse ambiente '. Portanto, a realidade virtual oferece uma oportunidade de ver os problemas por meio de mais de uma representação simbólica, a fim de alcançar uma maior compreensão". (p. 104)	Goulding <i>et al.</i> (2012)
<i>Web Service</i>	"Uma das maneiras pelas quais a interoperabilidade técnica pode ser abordada no uso de tecnologias digitais na aquisição de construção é o uso de serviços da Web para integrar tecnologias, sistemas ou aplicativos. Os serviços da Web fornecem um meio primário para interação de componentes de sistema e integração de aplicativos dentro da empresa e com parceiros de projeto externos e fornecedores". (p. 18)	Ibem e Laryea (2014)

Elaboração: A Autora (2022).

No Quadro 02, a primeira coluna indica as tecnologias encontradas no trabalho. Na segunda coluna encontra-se o respectivo conceito de cada tecnologia. Já na última encontra-se o autor do respectivo conceito.

Além disso, optou-se por classificar as tecnologias encontradas na pesquisa em meio físico, digital e ciber-físico (BETIATTO, 2021).

Segundo Betiatto, (2021), um serviço vinculado com a Construção 4.0 ocorre em três meios diferentes: físico, digital e ciber-físico. A categoria de meio digital compreende as tecnologias que ocorrem em sua maior parte virtualmente, dentre os quais fornecem acesso aos dados, transmite, compartilham, interpretam e modelam os dados. Já a categoria de meio físico compreende as tecnologias responsáveis por coletar os dados do meio físico e realizar

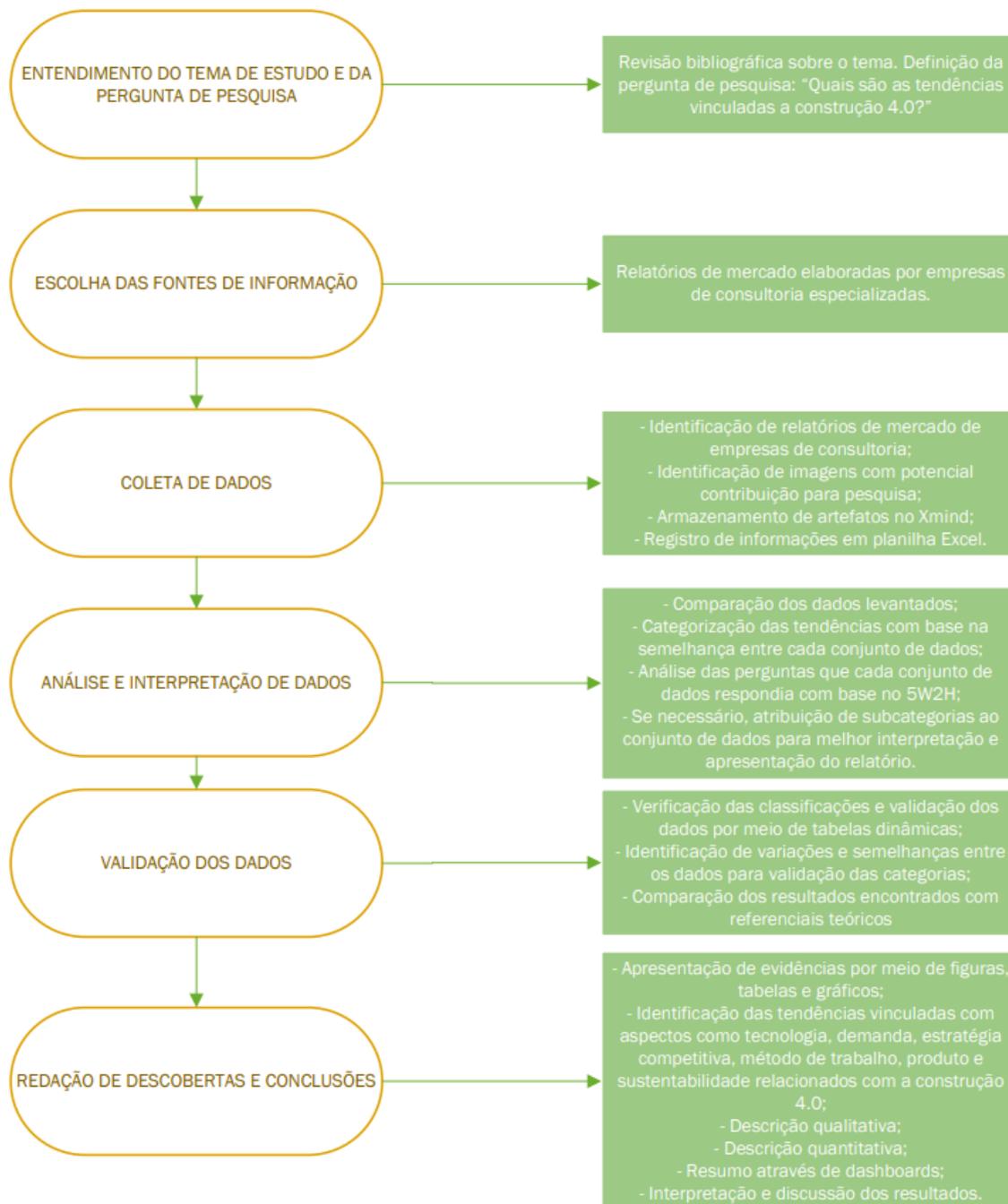
aplicações do meio físico a partir de dados digitais. Por fim, a categoria do meio ciber-físico compreende à integração dos meios físico e digital, através da transmissão de dados, possibilitada pelo uso da tecnologia de Internet das Coisas. Portanto, faz-se necessário pelo menos uma tecnologia do meio físico para realizar a coleta de dados, uma do meio digital para interpretar os dados e uma do meio ciber-físico que integre os dados do meio físico e digital. (BETIATTO, 2021).

3 METODOLOGIA

Para a descrição da metodologia deste trabalho utilizou-se a sequência proposta por Bryman, (2008), vinculada a uma pesquisa qualitativa, como observa-se na Figura 01. Ela está dividida em seis passos: 1) Entendimento do tema de estudo e da pergunta de pesquisa; 2) Escolha das fontes de informação; 3) Coleta de dados; 4) Análise e interpretação de dados; 5) Validação dos dados; 6) Redação de descobertas e conclusões. Além disso, cabe destacar que utilizou-se o esquema exposto por Creswell (2009, 185), para análise dos dados levantados, bem como das categorias estabelecidas.

Esta pesquisa objetiva responder à seguinte questão: “Quais são as tendências vinculadas com a Construção 4.0 segundo empresas de consultoria?”. Os itens a seguir contém a descrição das etapas realizadas para respondê-la.

Figura 01 - Metodologia de pesquisa.



Fonte: A Autora (2022).

3.1 ENTENDIMENTO DO TEMA E DA PERGUNTA DE PESQUISA

Inicialmente realizou-se a leitura de artigos, teses e relatórios de mercado referentes à Construção 4.0 para entendimento do tema, bem como realizaram-se discussões com o professor orientador. Por meio disso, observaram-se dados referentes a problemas, tecnologias

e tendências da Construção 4.0. Com isso surgiram algumas perguntas de pesquisa que, com o desenvolvimento da pesquisa, especificou-se em: “Quais são as tendências vinculadas com a Construção 4.0?”

3.2 ESCOLHA DAS FONTES DE INFORMAÇÃO

A escolha das fontes de informações realizou-se através da busca de relatórios de mercado de empresas especializadas, escolhidas pelo fato de que apresentam cenários acerca da indústria que contribuem com o objetivo da pesquisa. Essa busca deu-se através do site das empresas, realizando uma leitura rápida do documento identificando algum conteúdo que contribuísse a identificar as tendências procuradas, dentre os quais selecionavam-se os que possuíam relação com o tema de estudo e armazenavam-se em planilha eletrônica Excel. As informações encontraram-se em oito empresas de consultoria e instituições de mercado, conforme Quadro 03.

Quadro 03 - Relatórios de mercado identificados

Empresa	Título	Autor	Contribui para a pesquisa?
Acatech Studie	Industrie 4.0 Maturity Index Managing the Digital Transformation of Companies	Schuh <i>et al.</i> , (2020)	Não
BCG	Digital in Engineering and Construction: The transformative Power of Building Information Modeling	Gerbert <i>et al.</i> , (2016)	Sim
	Tapping into the Transformative Power of Service 4.0	Rehse; Hoffman; Kosanke, (2021)	Sim
Centro de tecnologia de edificações	Tendências da construção civil para 2022	Souza <i>et al.</i> , (2022)	Sim
Delloite	2021 engineering and construction industry outlook	Meisels, (2020)	Não
	2022 engineering and construction industry outlook	Meisels; Wellener; Hardin, (2022)	Não
	Construção do amanhã: Panorama de inovação nos setores imobiliário e de construção no Brasil	Raffaini; Loreto, (2020)	Sim

Quadro 03 - Relatórios de mercado identificados

	Construction Predictions 2020	Álvarez; De Reyna (2020)	Sim
	Digital industrial transformation - Reinventing to win in industry	Schroeck <i>et al.</i> (2019)	Sim
	Digitalizing the Construction Industry: A case study in complex disruption	Evans-Greenwood; Hillard; Willians (2019)	Não
	The Fourth Industrial Revolution: At the intersection of readiness and responsibility	Wef (2020b)	Sim
Delloite	The Future of The Construction Industry	Meisels <i>et al.</i> (2021)	Sim
KPMG	Future-Ready Index	Armstrong; Gilge; Max (2019)	Sim
	Indústria 4.0 no Brasil	Sávio; Aguiar (2021)	Sim
	Is your digital future in the right hands?	Weir; Pyle; Grunewald (2019)	Sim
	Modernizing goverment: Global trends	Forsyth (2021)	Sim
	No turning back - An industry ready to transcend	Armstrong; Gilge; Max (2021)	Sim
	Real Estate + Real Innovation	Betz <i>et al.</i> (2022)	Não
	Real estate in the new reality	Weir <i>et al.</i> (2020)	Sim
Marsh & GuyCarpenrter	The Future of construction	Robinson; Leonard; Whittington (2021)	Sim
McKinsey	Construction and building technology: Poised for a breakthrough?	Arora <i>et al.</i> (2020)	Sim
	Modular construction: From projects to products	Bertram <i>et al.</i> (2019)	Sim
	Reinventing construction: A route to higher productivity	Barbosa <i>et al.</i> (2017)	Sim
	The future of work after COVID-19	Lund <i>et al.</i> (2021)	Sim
	The Next Normal in Construction	Ribeirinho <i>et al.</i> (2020)	Sim
World Economic Forum	A New Paradigm for Business of Data	Wef (2020a)	Sim
World Economic Forum	An Action Plan to solve the Industry's Talent Gap	Castagnino <i>et al.</i> (2018)	Sim

Quadro 03 - Relatórios de mercado identificados

	Future Scenarios and Implications for the Industry	Schwab; Buehler (2018)	Sim
	HR4.0: Shaping People Strategies in the Fourth Industrial Revolution	Wef (2019)	Sim
	Shaping the Future of Construction Insights to redesign the industry	Büehler; Kosta; De Almeida (2017)	Não
	Shaping the Future of Construction Inspiring innovators redefine the industry	Büehler; Kosta (2017)	Sim
	Shaping the future of construction: A Breakthrough in Mindset and Technology	De Almeida; Solas (2016)	Sim
	The future of Jobs Report 2018	Leopold; Ratcheva; Zahidi (2018)	Sim
	The Future of Jobs Report 2020	Schwab; Zahidi (2020)	Sim
	Top 10 Emerging Technologies of 2019	Dichristina; Meyerson (2019)	Sim
	Top 10 Emerging Technologies of 2020	Dichristina; Meyerson (2020)	Sim
	Top 10 Emerging Technologies of 2021	Dichristina; Meyerson (2021)	Sim

Fonte: A Autora (2022).

No Quadro 03, a primeira coluna intitula-se “Empresa”. Nela inseriram-se as empresas de consultoria e instituições de mercado da qual extraíram-se os relatórios. Na segunda coluna “Título” tem-se o nome do relatório. Na terceira coluna “Autor” tem-se o autor do relatório. E na última coluna “Contribui para pesquisa?” tem-se a indicação se o relatório contribuiu ou não para a identificação de tendências.

3.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados estabeleceu-se através de duas etapas:

1ª etapa: Através da identificação de relatórios de mercado de empresas de consultoria e instituições do mercado. Estes foram armazenados em planilha eletrônica, especificados por empresa, ano, autor, título, referência e link, conforme exemplificado na Figura 02.

Figura 02 - Exemplo de planilha para a organização dos relatórios de mercado identificados.

Empresa	Ano	Autor	Título	Referência	Link
McKinsey	2017	Barbosa et al. (2017)	Reinventing construction: A route to higher productivity	Barbosa, F., Woetzel, J., Mischke, J., Ribeirinho, M. J., Sridhar, M., Parsons, M., ... & Brown, S. (2017). Reinventing construction: A route to higher productivity. McKinsey Global Institute.	https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution
McKinsey	2019	Bertram et al. (2019)	Modular construction: From projects to products	Bertram, N., Fuchs, S., Mischke, J., Palter, R., Strube, G., & Woetzel, J. (2019). Modular construction: From projects to products. McKinsey & Company: Capital Projects & Infrastructure, 1-34.	https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/modular-construction-from-projects-to-products#
McKinsey	2021	Lund et al. (2021)	The future of work after COVID-19	Lund, Susan, Anu Madgavkar, James Manyika, Sven Smit, Kwellin Ellingrud, Mary Meaney, and Olivia Robinson. "The Future of Work after COVID-19." McKinsey Global Institute, February 2021. https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/the-future-of-work-after-covid-19 .	https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/the-future-of-work-after-covid-19
McKinsey	2020	Anora et al. (2020)	Construction and building technology: Poised for a breakthrough?	ARORA, Nidhi; BATRA, Gaurav; TEULIERES, Marc; VARANASI, Shekhar; WONG, Tilia. Construction and building technology: Poised for a breakthrough? McKinsey & Company. 2020. Disponível em: https://www.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/construction-and-building-technology-poised-for-a-breakthrough . Acesso em: 10 set. 2021.	https://www.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/construction-and-building-technology-poised-for-a-breakthrough
Deloitte	2020	Evans-Greenwood; Hillard; Williams (2020)	Digitalizing the Construction Industry: A case study in complex disruption	Evans-Greenwood, Peter, Robert Hillard, and Peter Williams. Digitalizing the Construction Industry: A Case Study in Complex Disruption. Australia: Deloitte Insights, 2019.	https://www2.deloitte.com/us/en/insights/topics/digital-transformation/digitizing-the-construction-industry.html

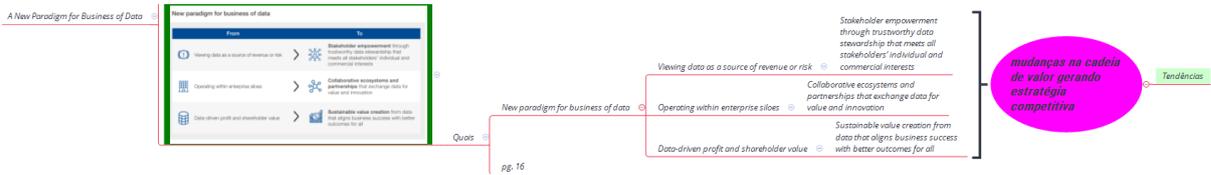
Fonte: A Autora (2022).

Na Figura 02, a primeira coluna intitula-se “Empresa”. Nela, inseriram-se as empresas de consultoria da qual extraíram-se os relatórios. Na segunda coluna, “ano” tem-se o ano de elaboração do relatório. Na terceira coluna, “autor” tem-se o autor responsável pela elaboração do relatório. Na quarta coluna, “título” tem-se o nome do relatório. Na quinta coluna, “referência” tem-se a referência padronizada do relatório. Enquanto na última coluna, “Link”, tem-se o endereço da internet na qual o relatório está disponível.

2ª etapa: Por meio da leitura de relatórios de mercado identificados na etapa anterior, realizou-se a coleta de dados teóricos. Para tal, selecionaram-se artefatos, como por exemplo, figuras, tabelas, listas, esquemas, etc., nos relatórios que indicassem tendências vinculadas com a Construção 4.0 ou então que poderiam contribuir de alguma forma para a pesquisa. Estas eram armazenadas em uma estrutura esquemática na forma de mapa mental, por meio do XMind.

A partir disso, realizou-se a primeira verificação se, por exemplo, o artefato selecionado contribuía ou não para pesquisa, atribuindo a ela uma cor (verde contribuía claramente, laranja não havia certeza, vermelho não contribuía). Logo após, verificou-se quais perguntas do 5W2H ela respondia (o que, quais, como, onde, quando, porque), como também, levantou-se sua respectiva referência, página extraída, descrição da imagem, interpretação e contribuição para pesquisa, conforme exemplificado na Figura 03.

Figura 03 - Exemplo da organização dos dados extraídos dos relatórios esquematizados no XMind.



Fonte: A Autora (2022).

Conforme a Figura 03, na imagem extraída do relatório “*A New Paradigm for Business of Data*”, (World Economic Forum, 2020) a cor verde, na qual está ressaltada, indica que esta imagem contribui para a pesquisa, ao responder à pergunta “Quais” do 5W2H aplicado a pergunta de pesquisa. A imagem encontra-se na página 16, que possui a descrição apresentada na Figura 03. Em rosa mostra-se o comentário sobre a imagem e, em verde claro sua contribuição, que neste caso indica tendências.

Após isso, os dados do XMind que indicassem tendências eram transferidos para uma planilha do Excel para posterior análise, conforme Figura 04.

3.4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

A análise dos dados realizou-se de forma inicial por meio da verificação daqueles registrados na planilha eletrônica, comparando um pequeno grupo de dados e observando se eles possuíam alguma semelhança ou diferença, conforme exemplificado na Figura 04.

Figura 04 - Exemplo de categorização dos dados teóricos.

Dado analisado	Categoria	Referências
Aerial mapping technology and 3-D laser scanning	Tecnologia	Gerbert, P., Castagnino, S., Rothballer, C., Renz, A., & Filitz, R. (2016). Digital in Engineering and Construction: The transformative Power of Building Information Modeling. The Boston Consulting Group Inc., Boston, MA., http://futureofconstruction.org/content/uploads/2016/09/BCG-Digital-in-Engineering-and-Construction-Mar-2016.pdf , (2016)
Big-data analytics—for instance, of people’s behavior or the infrastructure environment — helps to optimize design decisions and enhances a facility’s operational efficiency.	Tecnologia	Gerbert, P., Castagnino, S., Rothballer, C., Renz, A., & Filitz, R. (2016). Digital in Engineering and Construction: The transformative Power of Building Information Modeling. The Boston Consulting Group Inc., Boston, MA., http://futureofconstruction.org/content/uploads/2016/09/BCG-Digital-in-Engineering-and-Construction-Mar-2016.pdf , (2016)
New modeling techniques—simulation enhanced through holographic technology, for instance, and rapid prototyping with 3-D-printed models—speed up design iterations and improve visualization	Tecnologia	Gerbert, P., Castagnino, S., Rothballer, C., Renz, A., & Filitz, R. (2016). Digital in Engineering and Construction: The transformative Power of Building Information Modeling. The Boston Consulting Group Inc., Boston, MA., http://futureofconstruction.org/content/uploads/2016/09/BCG-Digital-in-Engineering-and-Construction-Mar-2016.pdf , (2016)
Software tools integrated with BIM confer a number of benefits—such as automatically generating and evaluating design alternatives, supporting value engineering, and enhancing design-to-cost, design-to-fabrication, and sustainability analyses	Tecnologia	Gerbert, P., Castagnino, S., Rothballer, C., Renz, A., & Filitz, R. (2016). Digital in Engineering and Construction: The transformative Power of Building Information Modeling. The Boston Consulting Group Inc., Boston, MA., http://futureofconstruction.org/content/uploads/2016/09/BCG-Digital-in-Engineering-and-Construction-Mar-2016.pdf , (2016)

Fonte: A Autora (2022).

Na Figura 04 a primeira coluna intitula-se “Dado analisado”. Nela tem-se o trecho extraído do relatório para análise. Na segunda coluna, “Categoria”, insere-se qual a categoria

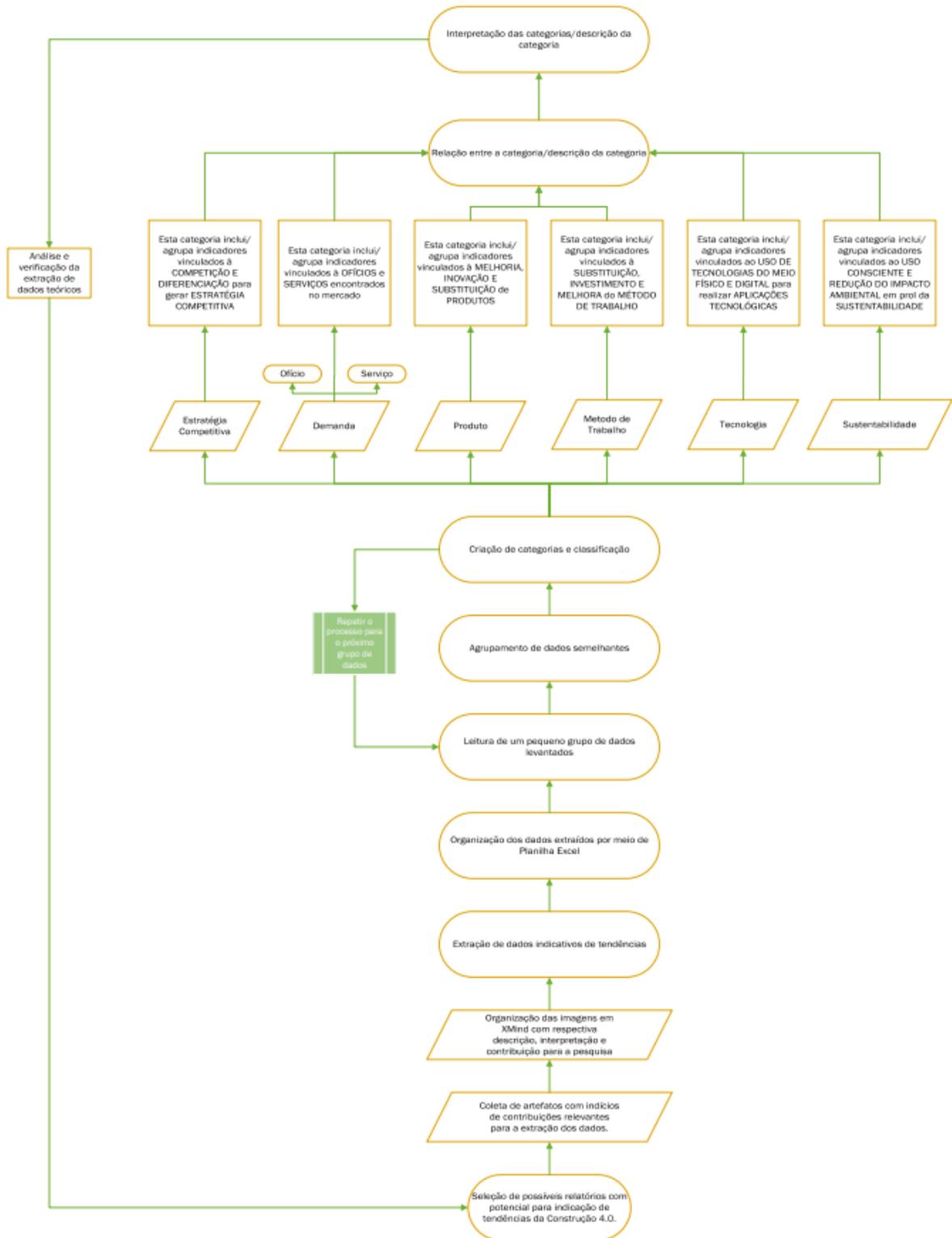
atribuída ao conjunto de dados levantado, neste caso foi a categoria tecnologia, pois os dados analisados estavam vinculados com o uso de tecnologias. Enquanto na última coluna “Referências” tem-se a referência do relatório.

Conforme os dados foram verificados, encontraram-se outras categorias de classificação, sempre aplicando o mesmo processo metodológico de análise para categorização dos dados levantados.

Após realizar essas análises, agruparam-se os dados em seis categorias. Especificamente as categorias atribuídas foram estratégia competitiva, demanda, produto, método de trabalho, tecnologia e sustentabilidade. Além disso a categoria demanda divide-se através de seu tipo, ofício e serviço.

Para realizar a análise e verificação dos dados levantados utilizou-se o exposto por Creswell (2009), conforme indicado na Figura 05. Especificamente, Creswell (2009, 185) organiza, através de um fluxograma, seis passos para a verificação dos temas/descrição de informações levantadas. Estes abrangem desde a organização e preparação dos dados para análise até a interpretação dos temas/descrição. Cabe destacar que a leitura da Figura 05 deve ser realizada de baixo para cima.

Figura 05 - Fluxograma de análise e verificação dos dados teóricos.



Fonte: Adaptado de Creswell (2009).

Elaboração: A Autora (2022).

Como primeiro passo, tem-se a seleção de possíveis relatórios com potencial para indicação de tendências da Construção 4.0. Posteriormente realiza-se uma coleta de artefatos do relatório com indícios de contribuições relevantes para que seja possível a extração de dados. Este artefato é armazenado em uma estrutura esquemática na forma de mapa mental no XMind com sua respectiva descrição, interpretação e contribuição para a pesquisa. No segundo passo realiza-se a extração dos dados indicativos de tendências. No terceiro passo organiza-se estes dados extraídos em uma Planilha Excel. No quarto passo realiza-se a leitura de um pequeno grupo de dados levantado. No quinto passo agrupam-se dados semelhantes. No sexto passo cria-se a categoria e classifica o conjunto de dados. Sendo que, dividem-se em seis categorias: estratégia competitiva, demanda, produto, método de trabalho, tecnologia e sustentabilidade. Onde cada uma possui uma descrição dos indicadores, ou trechos, que inclui/agrupa, conforme representado na Figura 04. É importante ressaltar que cada categoria estabeleceu-se através da agrupação de trechos que apresentavam características em comum. Além disso, os processos de leitura de um pequeno grupo de dados, agrupamento de dados semelhantes e criação de categorias e classificação do grupo de dados repetiu-se várias vezes conforme os dados eram analisados. No sexto passo estabeleceu-se qual a relação entre a categoria e a descrição da categoria. Por fim, no sétimo passo interpretaram-se as categorias e sua respectiva descrição.

Conforme a evolução da análise de dados, modificou-se a planilha para uma melhor visualização e organização dos dados para análise, conforme Figura 06.

Figura 06 - Planilha de armazenamento dos dados levantados nos relatórios de mercado.

Tipo	Categoria	Tipo de demanda	Indicador	Título	Autor	Ano	Página
Tendências	Método de trabalho		Accelerate automation of tasks	Future of Jobs 2020	World Economic Forum	2020	14
Tendências	Método de trabalho		Capability building	Reinventing construction: A route to higher productivity	McKinsey&Company	2017	7
Tendências	Método de trabalho		Capability building	Reinventing construction: A route to higher productivity	McKinsey&Company	2017	7
Tendências	Tecnologia		Cognitive and machine learning	Modernizing government: Global trends	KPMG	2021	34
Tendências	Método de trabalho		Accelerate the digitalization of upskilling/reskilling(e.g. education technology f	Future of Jobs 2020	World Economic Forum	2020	14
Tendências	Estratégia competitiva		A common and appropriate framework for project managemen	he Future of Construction A Breakthrough in Mindset and Te	World Economic Forum	2016	9
Tendências	Método de trabalho		Accelerate the digitalization of work processes (e.g. use of digital tools, video conferencing)	Future of Jobs 2020	World Economic Forum	2020	14
Tendências	Estratégia competitiva		Oportunidades para o setor da construção civil	Tendências da construção civil para 2022	Centro de tecnologia de edificações	2022	8
Tendências	Tecnologia		User and entity big data analytics	Future of Jobs 2018	World Economic Forum	2018	7

Elaboração: A Autora (2022).

As colunas, da Figura 06, indicam respectivamente: 1) o tipo de dado analisado, 2) a categoria, 3) tipo de demanda, 4) o dado analisado, 5) título do relatório, 6) autor do relatório, 7) ano de elaboração do relatório e 8) a página na qual extraiu-se o dado.

Após categorizar os dados, estabeleceu-se uma segunda etapa de análise. Esta consistia em filtrar os dados por categorias e verificar que respostas fornecia esse conjunto de dados. Para tanto, utilizou-se o 5W2H. Conforme os dados eram expressos, as perguntas do 5W2H (o

que, onde, porque, quando, como) foram reformuladas de acordo com o objetivo da pesquisa. Especificamente: Quais as mudanças? Quais os impactos? Quais os benefícios da mudança? Quais as barreiras/fatores de sucesso para as mudanças? Quais os meios para alcançar as mudanças?

A Figura 07 apresenta como os dados foram dispostos na planilha eletrônica para registro das perguntas que os dados coletados quanto às tendências respondiam.

Figura 07 - Planilha de armazenamento das respostas do conjunto de dados.

Tipo	Categoria	Tipo de demanda	Indicador	Quais as mudanças?	Qual o impacto?	Quais os benefícios da mudança?	Quais as barreiras para as mudanças?	Qual o meio para alcançar as mudanças?
Tendências	Estratégia competitiva		Ameaça para o setor de construção civil				Alto custo da construção	
Tendências	Método de trabalho	Ofício	Attract new talent and build up required skills	Attract new talent and build up required skills			An ongoing shortage of qualified workers is a major reason why the IU industry is not innovating quickly and is facing stagnating productivity as a result.	
Tendências	Estratégia competitiva		Ameaça para o setor de construção civil				Aumento da inflação e taxa de juros	
Tendências	Estratégia competitiva		Inovação				Falta produtividade e poucos controles sobre as operações	
Tendências	Método de trabalho		Ameaça para o setor de construção civil				Ausência de equipe dedicada à inovação	
Tendências	Estratégia competitiva		Bespoke requirements				Bespoke requirements	
Tendências	Estratégia competitiva		Ameaça para o setor de construção civil				Cadeia produtiva pouco integrada	
Tendências	Método de trabalho		Complex nature of construction and logistics, high share of manual work on site, and low barriers to entry				Complex nature of construction and logistics	

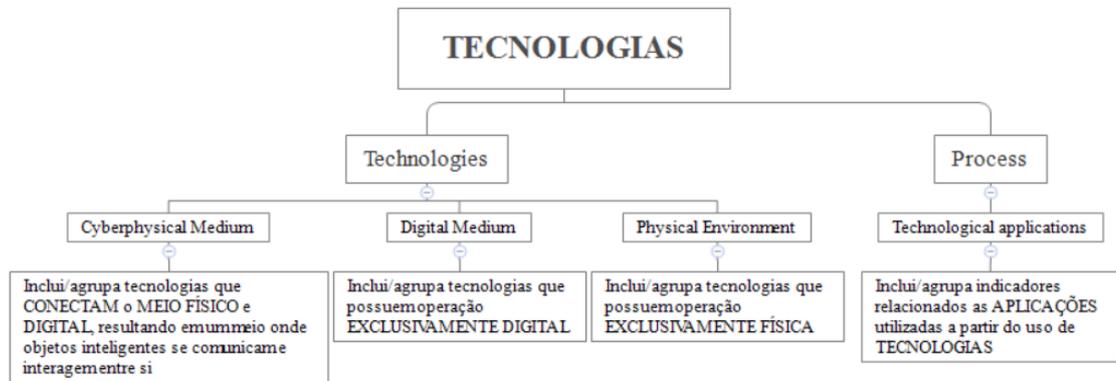
Elaboração: A Autora (2022).

As colunas, da Figura 07, indicam respectivamente: 1) o tipo de dado analisado, 2) a categoria, 3) tipo de demanda, 4) o dado analisado, 5) dados que respondem quais as mudanças, 6) dados que respondem quais os impactos, 7) dados que respondem quais os benefícios da mudança, 8) dados que respondem quais as barreiras/fatores de sucesso e 9) dados que respondem quais os meios para alcançar as mudanças.

Além disso, quando necessário atribuiu-se uma ou mais subcategorias ao conjunto de dados analisado para melhor interpretação e apresentação do resultado. Essas subcategorias atribuíram-se as seguintes categorias: tecnologia, produto, método de trabalho, demanda e estratégia competitiva. Os esquemas com as subcategorias com o que inclui/agrupa encontram-se nas figuras abaixo, sendo que o processo de categorização destas obedeceu a mesma metodologia apresentada para as categorias.

Esta categorização, bem como os critérios para atribuição das classificações encontram-se nas Figuras 08, 09, 10, 11 e 12.

Figura 08 - Divisão das subcategorias na categoria tecnologia.



Elaboração: A Autora (2022).

Figura 09 - Divisão das subcategorias na categoria produto



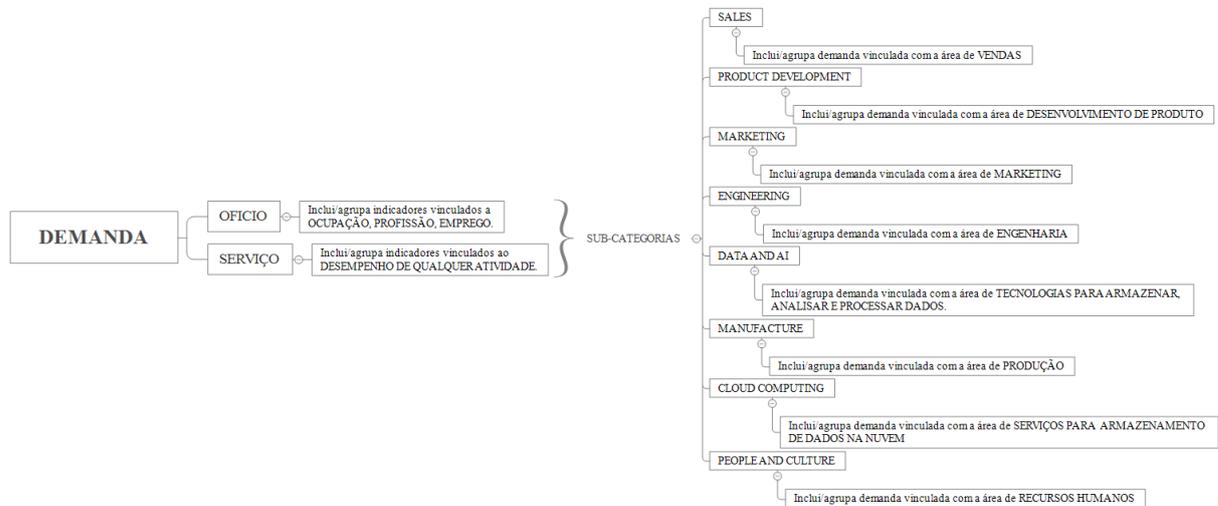
Elaboração: A Autora (2022).

Figura 10 - Divisão das subcategorias na categoria método de trabalho.



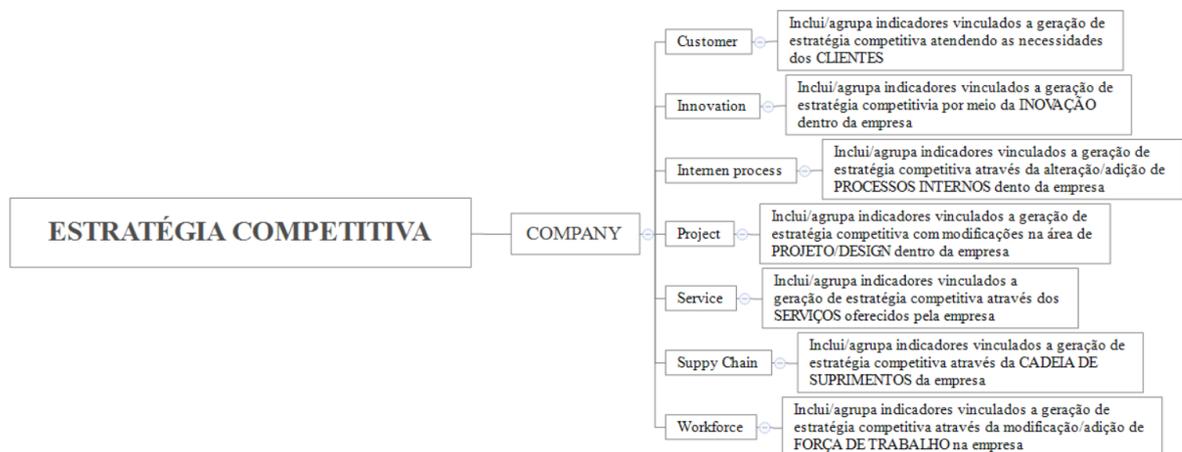
Elaboração: A Autora (2022).

Figura 11 - Divisão das subcategorias na categoria demanda.



Elaboração: A Autora (2022).

Figura 12 - Divisão das subcategorias na categoria estratégia competitiva.



Elaboração: A Autora (2022).

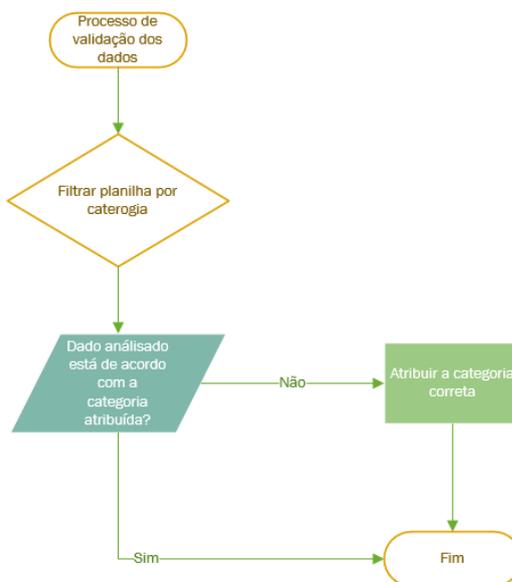
Por fim, criou-se quadros e tabelas para cada uma das seis categorias definidas, com o intuito de demonstrar os resultados do trabalho,

3.5 VALIDAÇÃO DOS DADOS

A validação dos dados realizou-se através de tabelas dinâmicas, organizados por meio de planilha Excel. O processo consistia em filtrar os dados de acordo com as categorias e verificar se eles respondiam as perguntas atribuídas do 5W2H. Através disso permitiu-se a comparação do conjunto de dados de forma visual. Além disso, através do mesmo processo

descrito acima, também validou-se o critério de classificação das categorias. As Figuras 13 e 14 mostram através de um esquema o processo para validação das categorias e das perguntas, respectivamente.

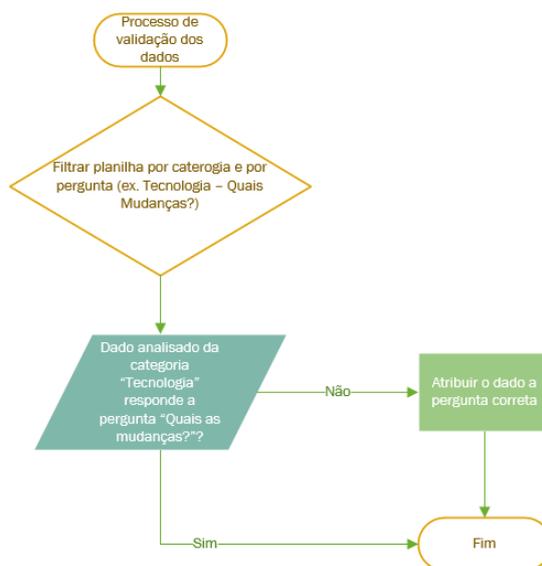
Figura 13 – Exemplo de fluxograma para validação de categorias.



Elaboração: A Autora (2022).

A Figura 13 indica a validação de cada categoria atribuída ao dado analisado. Como primeiro passo filtra-se a planilha por categoria. No segundo passo verifica-se o dado está de acordo com a categoria atribuída, caso o dado esteja de acordo, finaliza-se o processo de validação, caso contrário, atribui-se a categoria correta ao dado analisado.

Figura 14 - Fluxograma para validação das perguntas.



Elaboração: A Autora (2022).

A Figura 14 indica a validação de cada pergunta atribuída ao dado analisado. Como primeiro passo filtra-se a planilha por categoria e por pergunta. No segundo passo verifica-se o dado está de acordo com a pergunta atribuída, caso o dado esteja de acordo, finaliza-se o processo de validação, caso contrário, atribui-se a pergunta correta ao dado analisado.

Além disso, comparou-se os resultados encontrados com referenciais teóricos para evidenciar se o resultado estava ou não de acordo com a teoria. Para isso, realizou-se a leitura de referenciais teóricos com o tema tendências da Construção 4.0, extraiu-se trechos indicativos em uma estrutura do Xmind, e comparou-se com a síntese dos resultados, descrevendo as semelhanças e diferenças encontradas.

3.6 REDAÇÃO DE DESCOBERTAS E CONCLUSÕES

Com os resultados validados, organizaram-se os dados de forma a apresentar as tendências vinculadas com aspectos como tecnologia, demanda, estratégia competitiva, método de trabalho, produto e sustentabilidade relacionados com a Construção 4.0. Após a organização dos dados elaborou-se uma sequência para apresentação dos resultados, descrito a seguir. Inicialmente apresenta-se um esquema, gráfico ou figura elaborada para cada coluna de pergunta e suas respectivas respostas. Em seguida realiza-se uma descrição qualitativa ou

quantitativa, dependendo da forma de apresentação do dado. Respectivamente, utilizou-se a descrição qualitativa através de esquemas no Xmind e tabelas dinâmicas, e a quantitativa através de gráficos dinâmicos.

Utilizou-se tabelas que sintetizam, os indicadores encontrados em cada uma das seis categorias (demanda, estratégia competitiva, método de trabalho, produto, sustentabilidade e tecnologia).

Por fim, a partir dos quadros elaborados, elaborou-se uma síntese e exemplificaram-se as consequências associadas com as tendências da Construção 4.0 (mudanças, impactos/benefícios, barreiras/fatores chaves de sucesso e meios).

Cabe destacar que a tabela de análise dos resultados encontram-se neste [link](#).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo desta pesquisa é a identificação de tendências vinculadas com a Construção 4.0. Com base nos 32 relatórios de consultoria analisados, elaboraram-se os resultados referentes ao escopo definido nesta pesquisa.

Para isso, os resultados dividiram-se categorizando as tendências vinculadas com a Construção 4.0. Após a categorização, os resultados desdobraram-se de acordo com as categorias encontradas nesta análise.

Os resultados estão separados por categoria, com uma descrição de indicadores de tendências encontrados nos relatórios e por fim as consequências encontradas nesses relatórios para cada categoria de análise. Tais consequências foram: mudanças, impactos/benefícios, barreiras/fatores chaves de sucesso e meios para alcançar as mudanças.

4.1 CATEGORIZAÇÃO DAS TENDÊNCIAS VINCULADAS COM A CONSTRUÇÃO 4.0

As tendências vinculadas com a Construção 4.0 sintetizam-se nas categorias mostradas no Quadro 04. Estas categorias emergiram a partir das semelhanças e diferenças entre os dados coletados, conforme descrito na metodologia. Especificamente, encontraram-se seis: a) Demanda, b) Estratégia competitiva; c) Método de trabalho; d) Produto; e) Sustentabilidade; e f) Tecnologia. Esta categorização serve para agrupar os resultados encontrados neste trabalho.

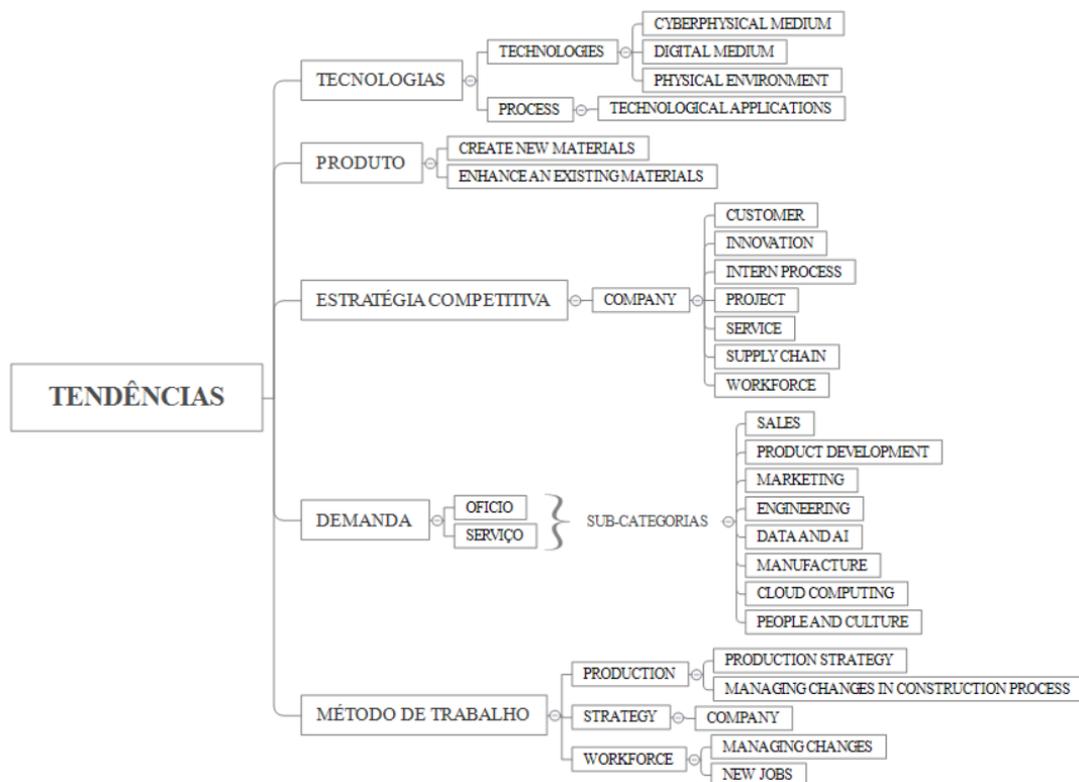
Quadro 04 - Categorização das tendências vinculadas com a Construção 4.0.

Categoria	Descrição da categoria
Demanda	Indicadores vinculados à OFÍCIOS e SERVIÇOS encontrados no mercado
Estratégia Competitiva	Indicadores vinculados à COMPETIÇÃO e DIFERENCIAÇÃO para gerar ESTRATÉGIA COMPETITIVA
Método De Trabalho	Indicadores vinculados à substituição, INVESTIMENTO e MELHORA do MÉTODO DE TRABALHO
Produto	Indicadores vinculados à MELHORIA, INOVAÇÃO e SUBSTITUIÇÃO de PRODUTOS
Sustentabilidade	Indicadores vinculados ao USO CONSCIENTE e REDUÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL em prol da SUSTENTABILIDADE
Tecnologia	Indicadores vinculados ao USO DE TECNOLOGIAS NO MEIO FÍSICO E DIGITAL para realizar APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS

Elaboração: A Autora (2022).

Além disso, as categorias se subdividiram em algumas subcategorias que serviram para expressar os resultados obtidos ao longo da pesquisa, conforme o esquema da Figura 15.

Figura 15 – Esquema com as subcategorias atribuídas a cada categoria.



Elaboração: A Autora (2022).

Ademais, conforme o exposto na metodologia, o Quadro 05 indica a classificação de tendências segundo as consequências contidas em alguns dos seus indicadores:

Quadro 05 - Categorização das implicações/consequências dos resultados.

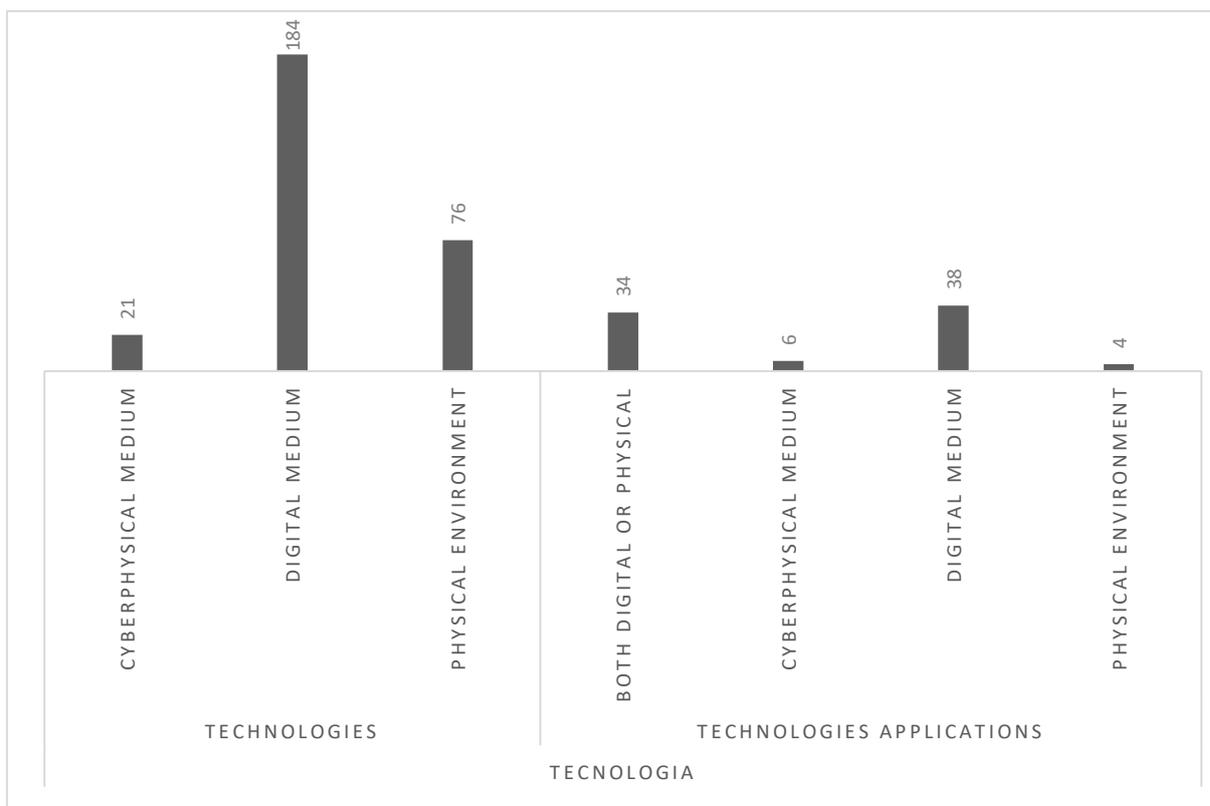
Categoria	Descrição da categoria
Mudança	Indicadores vinculados às MUDANÇAS encontradas no mercado da construção decorrentes da quarta revolução industrial.
Impacto	Indicadores vinculados aos IMPACTOS/BENEFÍCIOS provenientes das mudanças.
Barreira	Indicadores vinculados às BARREIRAS/FATORES CHAVES DE SUCESSO provenientes das mudanças.
Meio	Indicadores vinculados aos MEIOS para que sejam alcançadas as mudanças.

Elaboração: A Autora (2022).

4.2 TECNOLOGIA

Na categoria tecnologia, dos relatórios de mercado, extraíram-se indicadores de tendência relativos às aplicações tecnológicas e às tecnologias. Estes indicadores, com o respectivo título, autor e ano do relatório, encontram-se na [planilha](#) de análise de dados na aba "Dados Categoria Tecnologia".

Figura 16 - Indicadores de tendências na categoria tecnologia.



Elaboração: A Autora (2022)

A Figura 16 mostra a quantidade de indicadores relativos às tendências encontradas nos relatórios referentes a aplicações tecnológicas e a tecnologias.

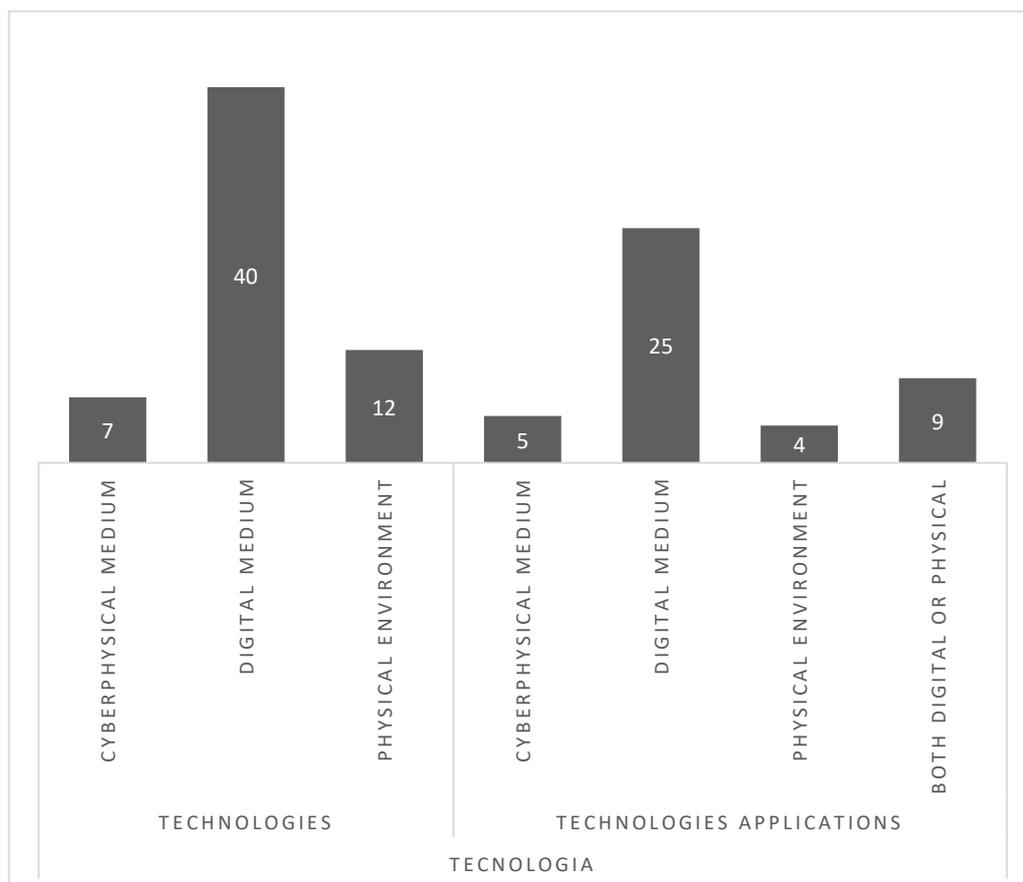
Os relatórios mostram que grande parte das aplicações tecnológicas (por exemplo, adoção de novas tecnologias e implementação de empresas que usam tecnologias), não especificam o meio no qual estas inovações em tecnologias acontecerão, porém para as que especificam, a maioria são aplicações digitais (por exemplo digitalização de atividades e uso do Big Data), seguido das aplicações no meio ciber-físico (por exemplo, utilização da tecnologia Additive Manufacturing), e por fim em menor número as aplicações físicas (por exemplo, o uso de componentes pré-fabricados).

Já com relação às tecnologias, os relatórios mostram que grande parte destas relacionam-se ao meio digital (por exemplo, realidade aumentada e realidade virtual), seguido do meio físico (por exemplo, drones e sensores) e por fim, em menor número, o meio ciber-físico (por exemplo, a internet das coisas).

4.2.1 Mudanças

A partir dos indicadores de tendência encontrados nos relatórios, identificou-se um total de 94 indicadores vinculados às mudanças, na categoria tecnologia.

Figura 17 – Indicadores de mudanças na categoria tecnologia



Elaboração: A Autora (2022)

A Figura 17 apresenta a divisão da categoria tecnologia em subcategorias: aplicações tecnológicas e tecnologias. Especificamente as duas englobam as aplicações e as tecnologias do meio físico, digital e cyber-físico.

Dentre as mudanças encontradas nesta categoria, obtiveram-se 59 indicadores agrupados na subcategoria tecnologias, dentre os quais dividem-se em: 7 indicadores do meio cyber-físico, 40 indicadores do meio digital e 12 indicadores do meio físico, e 43 indicadores agrupados na subcategoria aplicações tecnológicas, os quais desdobram-se em: 5 indicadores do meio ciber-físico, 25 indicadores do meio digital, 4 indicadores do meio físico. Por último, 9 indicadores que não representam o meio que ocorrem.

A lista com as mudanças vinculadas com esta categoria, encontra-se na aba "Mudança - Tecnologia" da [planilha](#) de análise de dados.

Apesar de que vários indicadores não destacam o meio em que ocorre as aplicações tecnológicas, percebe-se que a maior parte das mudanças estão vinculadas com o meio digital (40 indicadores de tecnologias e 25 indicadores de aplicações tecnológicas). Em síntese, os relatórios indicam que as mudanças vinculadas com os processos tecnológicos estão relacionadas com a necessidade do cliente por construções inteligentes, através do IoT (Internet of Things), além disso, vinculam-se a processos utilizando tecnologias digitais, produtos inteligentes, economia de energia, projetos modulares e impressão 3D no local.

Para facilitar a compreensão da diversidade de tecnologias contidas nos relatórios, estas dividiram-se no Quadro 06 segundo a classificação de Brito; Cardoso; Oviedo-Haito (2022), agrupando tecnologias semelhantes pelo meio e em grupos de tecnologias.

Quadro 06 – Classificação e exemplos de indicadores de tecnologias.

Meio	Categorized Technologies	Exemplos De Tecnologia
Digital	<i>Artificial Intelligent (AI)</i>	AI; Artificial intelligence; Automation and AI; Cognitive computing: Cognitive machine learning; Bionic computing, Natural language processing; Quantum computing: Quantum sensing: Text, image and voice processing
Digital	<i>Big Data</i>	Advanced data analytics; Big Data; Basic data analytics; Data and advanced analytics; Data-driven construction planning: Data-driven design; Device data; Edge computing: Spatial computing
Digital	<i>Blockchain</i>	<i>Blockchain</i>
Digital	<i>Building Information Modeling (BIM)</i>	BIM
Digital	<i>Cloud Computing</i>	App and web enable markets; Cloud computing; Cloud technology; Cloud infrastructure; Cloud storage: Cloud based data hub (control tower) to manage performance; Data as service; Mobile computing: Mobile internet; Mobile platforms; Mobility solutions; Ubiquitous connectivity and tracking
Digital	<i>Virtual Reality</i>	Augmented reality; AR/VR/MR
Digital	<i>Web Service</i>	Device connectivity, management and security, Cybersecurity, Digital trade; E-commerce and digital trade; PLM: Security systems

Quadro 06 – Classificação e exemplos de indicadores de tecnologias.

Meio	Categorized Technologies	Exemplos De Tecnologia
Ciber-físico	<i>Additive Manufacturing (AM)</i>	3D printing
Físico	<i>Robotics</i>	Fire detection; HVAC controls; Lightning controls; Robotics; Underwater robots
Físico	<i>Sensors</i>	Radio frequency identification (RFID)
Físico	<i>Drones</i>	Drone; Electric aviation; Autonomous cars; Autonomous transport Autonomous vehicles
Ciber-físico	<i>Internet of Things</i>	Biomarker devices go wireless; Cyber-Physical- Systems (CPS); Energy from wireless signals; Internet of things (IoT); Next-gen connectivity: Wireless charging; Wireless monitoring (IoT)

Elaboração: A Autora (2022), adaptado de Brito; Cardoso; Oviedo-Haito, (2022)

O Quadro 06 sintetiza as tecnologias encontradas nos relatórios e ao mesmo tempo as vincula com o meio na qual atuam. A primeira coluna indica o meio em que a tecnologia ocorre. A segunda coluna indica a categoria das tecnologias. E a última coluna refere-se a alguns dos indicadores encontrados nos relatórios.

Por exemplo, no meio digital, encontrou-se nos relatórios tecnologias referentes a inteligência artificial, Big Data e BIM. Já no meio físico encontraram-se tecnologias referentes à detecção de incêndio, robôs e drone. Por fim, no meio ciber-físico encontraram-se tecnologias referentes à impressão 3D e internet das coisas.

Este Quadro 06 serviu para categorizar as tecnologias e sintetizá-las de acordo com o encontrado nos relatórios. A partir disso, percebeu-se que a maior parte das tecnologias identificadas nos relatórios vinculam-se ao meio digital.

Desta forma, segundo os relatórios, percebe-se que as mudanças vinculadas à categoria tecnologia indicam uma busca do cliente por construções diferenciadas, como por exemplo, através da automação, a qual pode ser alcançada através da utilização de tecnologias. Além disso, indica-se que há uma grande variedade de tecnologias, onde se destacam as tecnologias que possuem operação exclusivamente digital, como por exemplo, uso de inteligência artificial e o compartilhamento e armazenamento de dados na nuvem.

4.2.2 Impactos/benefícios

A partir dos indicadores provenientes dos relatórios encontrados nesta categoria identificaram-se alguns impactos vinculados com as tecnologias apresentados anteriormente.

Quadro 07 – Indicadores de benefícios na categoria tecnologia.

Descrição	Autor
Better energy and operational efficiency, and more flexibility in structures for changing future use	Ribeirinho <i>et al.</i> , (2020)
Potential to shorten the duration of design and construction, while also increasing labor productivity, and minimizing the size and scale of on-site labor	Armstrong; Gilge; Max, (2019)
Reduce project uncertainty and optimize working capital	Arora <i>et al.</i> , (2020)
Substantial economic benefits in both operations and supply chain	Schoroeck <i>et al.</i> , (2019)
Cost and time optimized design and more predictable operations	Schoroeck <i>et al.</i> , (2019)
BIM-enhanced operations and maintenance	De Almeida; Solas, (2016)
Enhanced understanding of customers and operation	Schoroeck <i>et al.</i> , (2019)
Reduce downtime and improved productivity and output	Schoroeck <i>et al.</i> , (2019)

Elaboração: A Autora (2022)

Dentre os indicadores de tendência encontrados nesta categoria verificaram-se benefícios vinculados ao uso de tecnologias, descritos no Quadro 07. A primeira coluna refere-se à descrição dos benefícios encontrados e a segunda coluna refere-se ao autor que originou este indicador.

Observa-se que, segundo os relatórios analisados, utilizando novas tecnologias tem-se uma melhor eficiência energética e operacional, um potencial para encurtar a duração do projeto e da construção, aumento de produtividade, minimizando a mão de obra no local, reduzindo as incertezas do projeto e proporcionando economia na produção e na cadeia de suprimentos.

Desta forma, percebe-se que segundo os relatórios, a utilização de tecnologias ajuda às empresas a entenderem as necessidades do cliente. Além disso, relacionam-se a ganhos de produtividade, redução de cronograma, custos e mão de obra.

Encontrou-se também indicadores de tendência vinculados à oferta e demanda de tecnologia, dispostos no Quadro 06

Quadro 08 - Tecnologias oferecidas pelas startups vs implementadas pelas empresas

	OFERTA	DEMANDA
Quantidade de impacto	Startups	Company
20-40%	Mobility Solutions	Drone
0-20%	<i>Blockchain</i>	<i>Blockchain</i>
	Sensors	Sensors
	Radio frequency identification (RFID)	Radio frequency identification (RFID)
	Drone	Mobility Solutions

Elaboração: A Autora (2022) a partir de Raffaini; Loreto (2020)

O Quadro 08 mostra as tecnologias mais oferecidas tanto pelas empresas quanto pelas startups, atualmente no Brasil. Pelo lado das empresas, o maior oferecimento vincula-se ao uso de drones (20-40%). Já as tecnologias *blockchain*, sensores, RFID e soluções de mobilidade, são oferecidas em menor proporção (0-20%). Pelo lado das startups, o maior oferecimento vincula-se ao uso de soluções de mobilidade (20-40%). Já as tecnologias, sensores, *blockchain*, RFID e drone, são oferecidas em menor proporção (0-20%).

Esse quadro indica que, a maior oferta de soluções de mobilidade por parte das startups (fornecedores) associa-se a um maior interesse por parte das empresas para oferecimento de soluções vinculadas com mobilidade. Ao mesmo tempo, entende-se que a maior oferta das empresas vinculadas com drone, em conjunto com o menor oferecimento pelas startups dessa tecnologia, poderiam indicar a consolidação do uso de drones no mercado.

4.2.3 Barreiras/fatores chaves de sucesso

Dentre os dados levantados nesta categoria, verificou-se a ocorrência de 11 indicadores vinculados a barreiras para adoção de mudanças listados no Quadro 09.

Quadro 09 – Indicadores de barreiras na categoria tecnologia.

Descrição	Autor
Don't understand oportunties	Leopold; Ratcheva; Zahidi (2018)
Inability to attract specialized talent	Schwab; Zahidi (2020)
Lack of flexibility in hiring and firing	Schwab; Zahidi (2020)
Lack of interest among leadership	Schwab; Zahidi (2020)

Quadro 09 – Indicadores de barreiras na categoria tecnologia.

Descrição	Autor
Lower-cost options available	Barbosa <i>et al.</i> (2017)
Management not interested, no budget at project level	Barbosa <i>et al.</i> (2017)
No clear industry standard yet, subs and customers need to adopt	Barbosa <i>et al.</i> (2017)
Skills gaps among organization's leadership	Schwab; Zahidi (2020)
No internal process to quantify or communicate business case and benefits	Barbosa <i>et al.</i> (2017)
Shortage of investment capital	Schwab; Zahidi (2020)
Slow innovation and digitalization	Ribeirinho <i>et al.</i> (2020)

Elaboração: A Autora (2022)

O Quadro 09 apresenta as barreiras provenientes da categoria tecnologia. A primeira coluna indica os dados retirados dos relatórios. E a segunda coluna indica o autor do respectivo relatório.

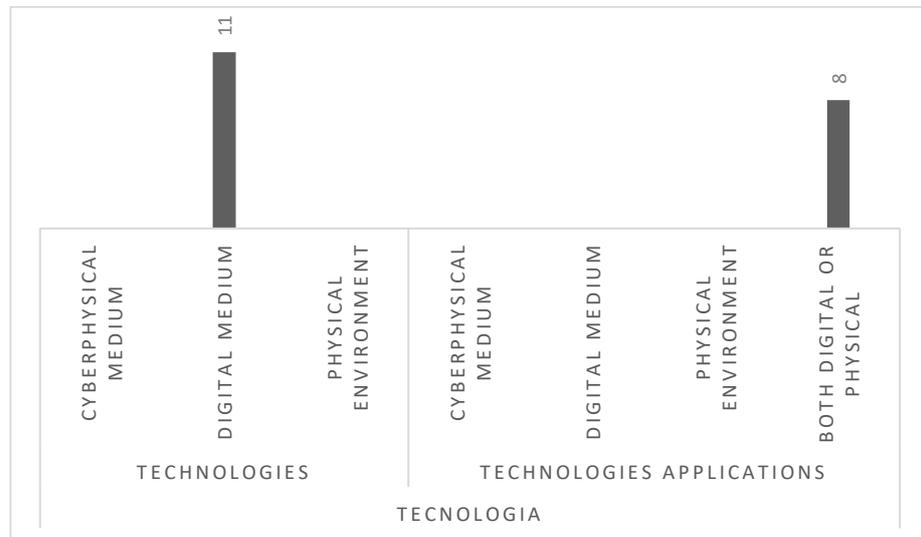
Neles, não há entendimento sobre as oportunidades, atração de talento especializado, orçamento direcionado para tecnologias, processos internos para identificar os benefícios e investimento em tecnologias, tem-se também falta de contratação qualificado, de interesse das empresas, bem como inovação e digitalização lenta.

Portanto, segundo os relatórios, as maiores barreiras estão na falta de visão das empresas de entenderem as oportunidades e investirem na adoção de tecnologias. Além disso, tem-se falta de entendimento de seus benefícios, por não terem uma mão de obra qualificada para esta identificação.

4.2.4 Meios

Por fim, dentre os dados levantados nessa categoria, verificou-se a ocorrência de 19 indicadores vinculados aos meios para alcançar as mudanças, conforme dispostos na Figura 17.

Figura 18 – Indicadores de meios na categoria tecnologia



Fonte: A Autora (2022)

A Figura 18 mostra a quantidade de dados encontrados nos relatórios referentes aos meios para alcançar as mudanças nesta categoria. Obteve-se 8 indicadores agrupados na subcategoria aplicações tecnológicas, e 11 indicadores agrupados na subcategoria tecnologias.

Apesar de a maioria dos relatórios não destacar o meio em que as aplicações tecnológicas ocorrem, percebe-se que a maior parte dos meios para mudanças relacionados ao uso de tecnologias estão vinculadas com o meio digital.

Quadro 10 – Indicadores de meios na categoria tecnologia.

Subcategoria	Descrição	Autor
Technologies	Combining AI with remote sensors to enable remote management of operations	Lund <i>et al.</i> , (2021)
	Complementing customer service agents with conversational assistants and chatbots	
	Constructability and clash analysis	
	Construction planning and scheduling	De Almeida; Solas (2016)
	Continuous system integr. across parties	
	Coordination of design disciplines	
	Coordination of subcontr. and suppliers	
	Efficient, information rich tenders	
	Integrated design construction process	

Quadro 10 – Indicadores de meios na categoria tecnologia.

Subcategoria		Descrição	Autor
Technologies	Digital medium	Parametric modelling and object libraries	Lund <i>et al.</i> , (2021)
		Using augmented reality to repair machines or perform maintenance remotely	
		Speeding operations in industrial sites with unmanned vehicles	
Technological applications	Both digital or physical	Appoint a senior leader responsible for innovation/technology and implement leadership development program	Armstrong; Gilge; Max, (2019)
		Create a technology vision, road map or strategic plan	
		Experiment with new technology on pilot projects	
		Assign innovation to a dedicated team	
		Establish an advanced D&A team	
		Implement leadership development program	
		Improve long-term career growth opportunities	
		Specific formal approach for mega/giga/extremely complex projects	

Elaboração: A Autora (2022)

O Quadro 10 apresenta os indicadores extraídos dos relatórios que tem como consequência os meios para alcançar as mudanças, vinculados com a categoria tecnologias. A primeira e segunda coluna referem-se as subcategorias utilizadas para classificação. A terceira coluna refere-se aos indicadores extraídos dos relatórios. Já a última coluna refere-se ao respectivo autor do indicador extraído.

Especificamente, na subcategoria tecnologias do meio digital são apresentados exemplos de aplicação, como a combinação de inteligência artificial com sensores para gerenciar processos remotamente; utilização de chats online como assistentes de atendimento ao cliente; e utilização de veículos não tripulados para acelerar as operações nos locais. Já na subcategoria aplicações tecnológicas, alguns exemplos são: a necessidade de ter uma pessoa responsável por inovação dentro da empresa; ter um roteiro, plano estratégico ou visão acerca das tecnologias; experimentar tecnologias em projetos pilotos; e organizar de forma mais consciente a construção.

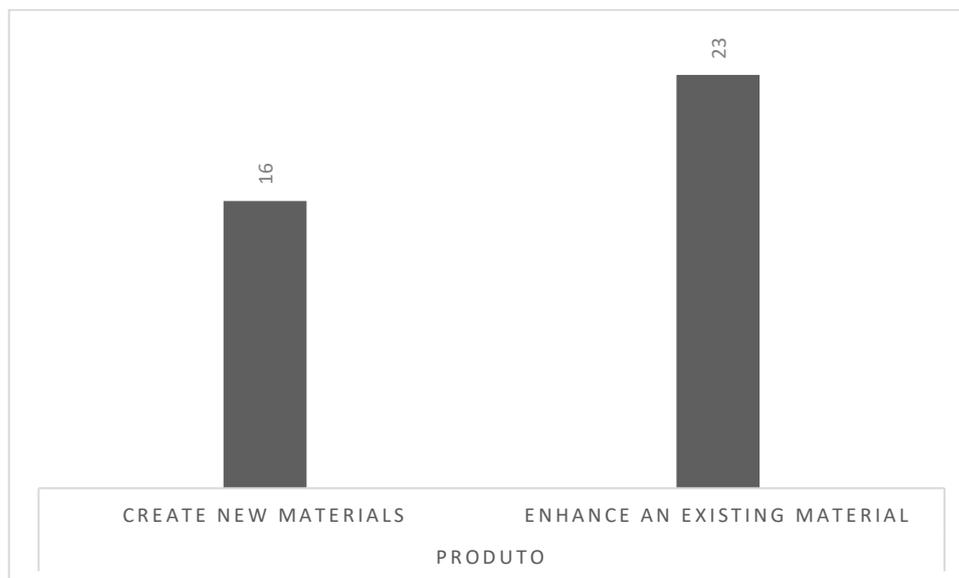
Portanto, verifica-se que as tecnologias possuem diversos usos, como por exemplo, utilização do drone, uma tecnologia do meio físico, para monitoramento. Além disso, para alcançar as mudanças na categoria tecnologia, é necessário a empresa entender os benefícios do uso das tecnologias e experimentar sua utilização, além disso, faz-se necessário ter uma mão de obra especializada para criar um setor responsável por inovações.

Desta forma, na categoria tecnologia, apesar de a maioria não destacar o meio em que ocorre as aplicações tecnológicas, a partir da análise dos relatórios, encontraram as consequências vinculadas com as mudanças através do uso de tecnologias do meio digital, como por exemplo, uso de realidade aumentada e inteligência artificial. Dentre os impactos identificados, percebe-se benefícios vinculados ao uso de tecnologias, como por exemplo, ganho de produtividade, redução de custo e prazos, além do melhor entendimento de necessidades do cliente. Também, apresenta-se um comparativo entre a oferta e demanda, demonstrando as tecnologias mais oferecidas tanto pelas empresas quanto pelas startups. Já com relação às barreiras, tem-se destaque para a falta de entendimento dos benefícios das tecnologias. Por fim, nos meios para alcançar as mudanças, os indicadores são encontrados no meio digital, notando-se falta de indicadores no meio ciber-físico e físico. Dentre os meios para alcançar as mudanças identificados tem-se a identificação dos diversos usos das tecnologias e a necessidade de entendimento dos benefícios por meio de uma mão de obra qualificada.

4.3 PRODUTO

Na categoria produto, extraíram-se indicadores de tendência dos relatórios de mercado relativos à criação de novos materiais e às inovações em materiais existentes. Estes dados, com o respectivo título, autor e ano do relatório, encontram-se na [planilha](#) de análise de dados na aba "Dados Categoria Produto".

Figura 19 – Indicadores de tendências na categoria produto



Elaboração: A Autora (2022)

A Figura 19 mostra a quantidade de dados encontrados nos relatórios referentes à criação de novos materiais e à inovação em materiais existentes.

Os relatórios mostram que grande parte dos indicadores encontrados na categoria produto são referentes à inovação em materiais existentes (por exemplo, desenvolvimento e inovação em produtos e serviços). Já em menor número, encontram-se os indicadores referentes à criação de novos materiais (como por exemplo, materiais sustentáveis).

4.3.1 Mudanças

A partir dos dados encontrados nos relatórios, identificou-se um total de 6 indicadores vinculados às mudanças, na categoria produto, apresentados a seguir, no Quadro 09.

Quadro 11 – Indicadores de mudanças na categoria produto

Subcategoria	Descrição	Autor
Create new materials	Innovative materials with entirely functionality	De Almeida; Solas, (2016)
	New active materials	
	New materials (e.g. nanotubes, graphene)	Schwab; Zahidi, (2020)

Quadro 11 – Indicadores de mudanças na categoria produto

Subcategoria	Descrição	Autor
Enhance an existing material	Advances on traditional materials and existing characteristics	De Almeida; Solas, (2016)
	Low-Carbon Cement	Dichristina; Meyerson, (2020)
	Self-healing materials	De Almeida; Solas, (2016)

Elaboração: A Autora (2022)

O Quadro 11 apresenta as mudanças vinculadas com a categoria produto. A primeira coluna indica a subcategoria de classificação do indicador. A segunda coluna o indicador extraído dos relatórios. E a última coluna o respectivo autor que originou o indicador.

Segundo os relatórios, encontraram-se mudanças vinculadas à criação de novos materiais, como por exemplo, através dos nano tubos, materiais que permitem fabricar produtos com características diferentes, ou então aprimorar um material já existente, através do avanço em materiais tradicionais, um exemplo seria a produção de cimento com baixo teor de carbono, através da menor composição de clínquer e uso de combustíveis alternativos para geração de energia térmica.

4.3.2 Impactos

A partir dos indicadores provenientes dos relatórios encontrados nesta categoria identificaram-se alguns impactos vinculados com as mudanças apresentadas anteriormente.

Quadro 12 – Indicadores de impactos na categoria produto.

Forma de impacto	Create new materials	Enhance an existing material
Faster	Construction process	
Higher	Energy efficiency	Energy efficiency
		Recyclability/reusability
Improved	Health/well-being	Health/well-being
Reduced	Life-cycle costs	Life-cycle costs
		Material Costs

Elaboração: A Autora (2022) a partir de De Almeida; Solas (2016)

O Quadro 12 apresenta os impactos relacionados com a categoria produto. A primeira coluna refere-se a forma de impacto. A segunda coluna refere-se à descrição do impacto na categoria "criação de novos materiais". Já a última coluna refere-se à descrição do impacto na categoria "innovar em um material existente". Enquanto a última coluna identifica o autor e ano do relatório que gerou os indicadores.

Segundo De Almeida, Solas (2016), ao criar novos materiais a construção se torna mais rápida, aumenta a eficiência energética, proporciona saúde/bem-estar e tem-se redução de custo do ciclo de vida do produto. Já ao inovar em um material existente além do aumento da eficiência energética, proporção de saúde/bem-estar e redução do custo do ciclo de vida do produto, há também um aumento da reciclagem, do reuso e redução do custo dos materiais.

4.3.3 Meios

Por fim, dentre os dados levantados nessa categoria, verificou-se a ocorrência de 9 indicadores vinculados aos meios para alcançar as mudanças.

Quadro 13 – Indicadores de meios na categoria produto.

Subcategoria	Descrição
Create new materials	Slippery liquid-infused porous surfaces constitute super-repellent surfaces inspired by the carnivorous nepenthes pitcher plant
	Micronal, a micro-encapsulated phase-change material incorporated into building materials, enables intelligent temperature management
	Rain-absorbing roof-mats, imitating the process of perspiration, considerably reduce air conditioning costs
Enhance an existing material	Concrete admixed with special construction chemicals achieves 50% faster curing times
	iQ Natural, an advanced vinyl flooring, is 100% recyclable, using a bio-based plasticizer. The product has TVOC1 values 100 times below the strictest European standards.
Enhance an existing material	Self-healing concrete, generated through the addition of bacterial spores, is estimated to reduce lifetime costs by up to 50%
	ArcelorMittal has launched organically coated steel that achieves 30-year guaranteed durability and does not contain genotoxic, hexavalent chromium
	Lixil's super-lightweight ceramic sidings combine fast-hardening cement with organic fibre to meet the required performance at half the weight
	Neopor is an enhanced styropor, offering up to 20% efficiency improvement in insulation

Elaboração: A Autora (2022) a partir de De Almeida; Solas (2016)

O Quadro 13 apresenta os meios para alcançar as mudanças vinculadas com a categoria produto. A primeira coluna indica a categoria de classificação do indicador, a segunda o indicador extraído dos relatórios e a terceira o autor e ano do relatório que gerou os indicadores.

Segundo De Almeida; Solas (2016), encontram-se exemplos de aplicações em diversos setores da indústria, sendo que as mudanças são alcançadas criando novos materiais como também inovando em materiais existentes. Dentro da subcategoria criação de novos materiais na indústria da construção tem-se o uso do Micronal, um material micro encapsulado que incorporado em materiais de construção permite gerenciar de forma inteligente a temperatura. Já na inovação em materiais existentes na indústria da construção tem-se por exemplo a adição de produtos químicos no concreto que atinge a cura 50% mais rapidamente.

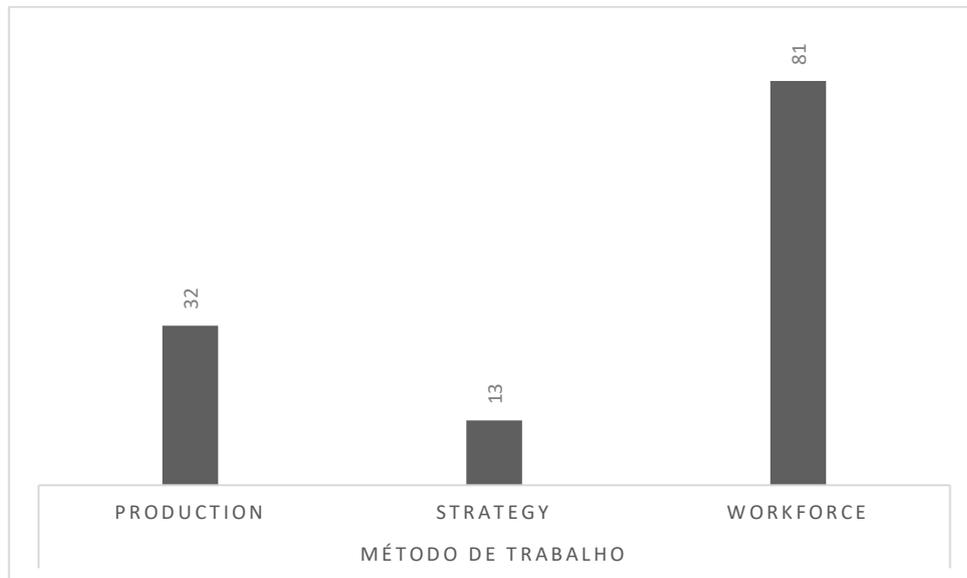
Portanto, na categoria produto, apesar dos poucos indicadores encontrados, a partir da análise dos relatórios, encontraram as consequências vinculadas com as mudanças através da criação de novos materiais e da inovação em materiais existentes. Dentre os impactos identificados, percebe-se alguns benefícios como a redução do custo com material e o processo de construção mais rápido. Já com relação as barreiras, não se encontraram indicadores nos relatórios de mercado vinculados com esta consequência. Por fim, nos meios para alcançar as mudanças, encontrou-se exemplos de aplicação de novos materiais e inovação em materiais existentes, porém, não se encontrou qual seria o meio para utilizar tal material.

Também se destaca que encontrou-se somente um autor nos indicadores extraídos dos relatórios na consequência impactos/benefícios e meios para alcançar as mudanças, notando-se falta de indicadores vinculados com esta categoria proveniente de outros relatórios.

4.4 MÉTODO DE TRABALHO

Na categoria método de trabalho, dos relatórios de mercado, extraíram-se indicadores de tendência relativos à produção, estratégia e à força de trabalho Estes dados, com o respectivo título, autor e ano do relatório, encontram-se na [planilha](#) de análise de dados na aba "Dados Categoria Mét. Trabalho".

Figura 20 - Indicadores de tendências na categoria método de trabalho



Fonte: A Autora (2022)

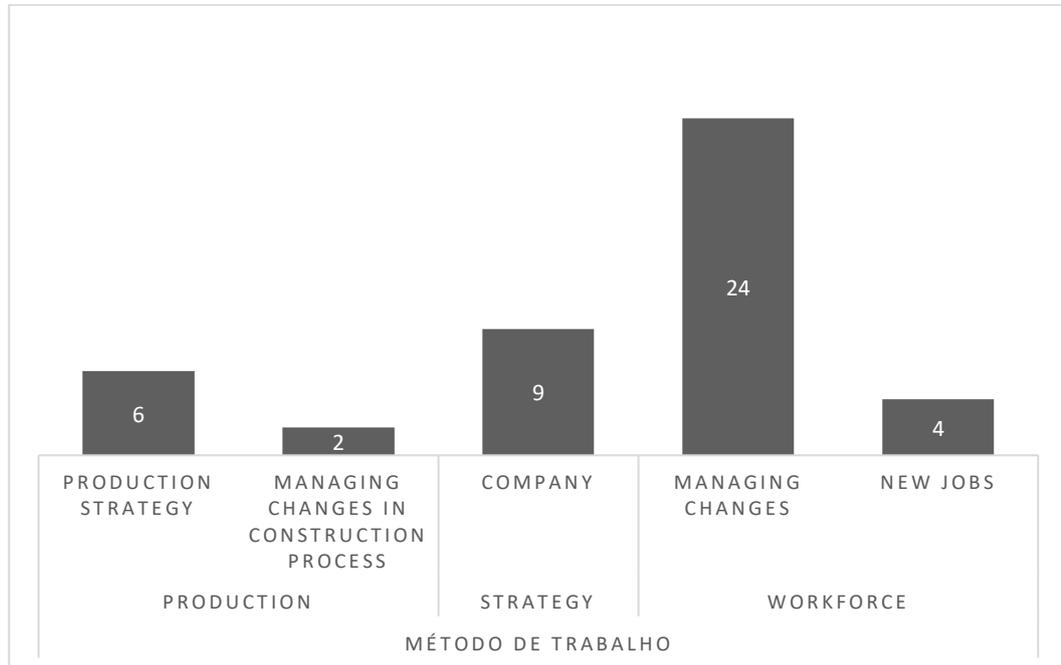
A Figura 20 mostra a quantidade de indicadores vinculados com tendências encontrados nos relatórios referentes à produção, estratégia e à força de trabalho.

Os relatórios mostram que grande parte dos indicadores encontrados na categoria produto são referentes à força de trabalho (por exemplo, especialização, trabalho remoto e investimento em recursos humanos), seguido da produção (por exemplo pré-fabricação e construção modular), e por fim em menor número os indicadores vinculados com a estratégia (por exemplo, acelerar a digitalização de processos de trabalho).

4.4.1 Mudanças

A partir dos indicadores de tendência encontrados nos relatórios, identificou-se um total de 45 indicadores vinculados às mudanças, na categoria Método de trabalho.

Figura 21 – Indicadores de mudanças na categoria método de trabalho



Fonte: A Autora (2022)

A Figura 21 apresenta a divisão da categoria método de trabalho em subcategorias: produção, estratégia e força de trabalho. Especificamente a primeira engloba indicadores vinculados a estratégias de produção e ao gerenciamento do processo de mudanças de construção. A segunda engloba indicadores vinculados com o método de trabalho na empresa. Já a última engloba o gerenciamento de mudanças e os novos trabalhos.

Dentre as mudanças encontradas nesta categoria, obtiveram-se 8 indicadores agrupados na subcategoria produção, dentre os quais dividem-se em: 6 indicadores de estratégia de produção e 2 indicadores relacionados com o gerenciamento de mudanças no processo de construção. Na subcategoria estratégia obtiveram-se 9 indicadores relacionados com a empresa. Já na subcategoria força de trabalho, foram 37 indicadores divididos em: 24 indicadores vinculados com gerenciamento de mudanças e 4 indicadores vinculados com os novos trabalhos. A lista com as mudanças vinculadas com esta categoria, encontram-se na aba "Mudança - Mét. Trabalho" da [planilha](#) de análise de dados.

Encontraram-se poucos indicadores na categoria de gerenciamento de mudanças no processo de construção. Percebe-se que, a maioria das mudanças estão vinculadas com a força de trabalho (24 indicadores de gerenciamento de mudanças e 4 de novos trabalhos).

Os relatórios indicam que dentre as mudanças vinculadas com a produção, salienta-se o foco na execução enxuta, montagem de produtos, pré-fabricação, construção modular e

construção padronizada. No gerenciamento do processo de construção tem-se o aumento da construção baseada no produto, por meio da fabricação no local, além da utilização de novos modelos de trabalho.

Na estratégia da companhia alguns exemplos são a aceleração da digitalização do processo de trabalho, através do uso de tecnologias digitais e vídeo conferência para reuniões, além de acelerar a automação das tarefas.

Já com relação a força de trabalho, tem-se a subcategoria gerenciamento de mudanças com o desenvolvimento de capacidades de liderança, trabalho remoto, entendimento de quais habilidades são necessárias e construção de novas habilidades através da implantação de programas de novos talentos. Por fim, na subcategoria novos trabalhos, tem-se a especialização, otimização de trabalhos e a reconstrução de trabalhos existentes.

Portanto, percebe-se que as mudanças vinculadas com a categoria método de trabalho relacionam-se com a produção, por meio da utilização de modelos de trabalho diferentes, como é o caso da utilização da construção modular e da construção padronizada; relacionam-se também com a estratégia, através da alteração da cadeia de valor das empresas por meio da digitalização; e por fim, relacionam-se com a força de trabalho, através das mudanças na mão de obra por meio de treinamentos, utilização de trabalho remoto e desenvolvimento de capacidades para a Construção 4.0.

4.4.2 Impactos

A partir dos indicadores provenientes dos relatórios encontrados nesta categoria identificaram-se alguns impactos vinculados com às mudanças apresentados anteriormente.

Quadro 14 – Indicadores de impacto na categoria método de trabalho.

Subcategoria	0-20%	20-40%	40-60%	Autor
Reduce cost	Modular construction			Beltran <i>et al.</i> (2019)
Budget economy / productivity	Capability building			Barbosa <i>et al.</i> (2017)
	Collaboration and contracting			
	Design and engineering			
	On site execution			

	Procurement and supply-chain management			
	Change the way of capability			
	Change the way of collaboration and contracting			
	Change the way of design and engineering			
	Change the way of on site execution			
	Change the way procurement and supply-chain management			
Impacts companies	Reduce current workforce	Expand current workforce due to technological integration or automation	Expand use of contractors doing task-specialized work	Schwab; Zahidi (2020)
		Modify the locations where the organization operates	Modify the composition of one's value chain	
			Reduce current workforce due to technological integration or automation	

Elaboração: A Autora (2022)

O Quadro 14 indica os impactos referentes à categoria método de trabalho. A primeira coluna refere-se a forma de impacto. A segunda, terceira e quarta coluna refere-se aos impactos que estão na faixa de 0-20%, 20-40% e 40-60%, respectivamente. Especificamente há uma redução de 0-20% no custo ao utilizar a construção modular, neste viés, tem-se também uma economia de 0-20% no orçamento e aumento de produtividade ao mudar a forma de capacitação, de contratação e colaboração, de *design* e engenharia, de execução no local, da forma de realizar as compras e gerenciamento da cadeia de suprimentos.

Além disso há também alguns fatores que impactam às empresas: redução da força de trabalho devido à integração de tecnologias ou automação, modificação do local onde a empresa atua e modificação da composição da cadeia de valor.

Portanto, alguns fatores alteram o método de trabalho na empresa, ao alterar a forma de execução, como por exemplo, através da automação, os custos e a mão de obra são reduzidos e a produtividade é aumentada. Ao expandir o local de atuação da empresa, permite-se maior capacidade de produção. Consequentemente agregando mais valor na empresa, fornecendo produtos e serviços especializados, permite-se potencializar o crescimento da empresa.

4.4.3 Barreiras

Dentre os dados levantados nesta categoria, verificou-se a ocorrência de 11 indicadores vinculados às barreiras para adoção de mudanças listados no Quadro 13.

Quadro 15 – Indicadores de barreiras na categoria método de trabalho.

Subcategorias		Descrição	Autor
Production	Production strategy	Baixa produtividade e poucos controles sobre as operações	Souza <i>et al.</i> (2020)
		Complex nature of construction and logistics	Ribeirinho <i>et al.</i> (2020)
		No clear industry standard yet, subs and customers need to adopt	Barbosa <i>et al.</i> (2017)
		No internal process to quantify or communicate business case and benefits	
		Poor project management and execution basics	
Strategy	Company	Low barriers to entry (mainly contractors)	Ribeirinho <i>et al.</i> (2020)
Workforce	Managing changes	An ongoing shortage of qualified workers is a major reason why the IU industry is not innovating quickly and is facing stagnating productivity as a result	Schwab; Buehler (2018)
		High share of manual work on site	Ribeirinho <i>et al.</i> (2020)
		Rising wage rates, labor shortages, and limitations to migrant labor	Barbosa <i>et al.</i> (2017)
		Skilled labor is becoming expensive	Ribeirinho <i>et al.</i> (2020)
		Today's IU industry does not have processes to help workers acquire suitable capabilities	Schwab; Buehler (2018)

Elaboração: A Autora (2022)

O Quadro 15 apresenta as barreiras provenientes da categoria método de trabalho encontradas nos relatórios. A primeira coluna refere-se as categorias; a segunda coluna refere-se as subcategorias atribuídas para o conjunto de dados; a terceira coluna refere-se aos indicadores encontrados enquanto a quarta coluna refere-se ao autor e ano do relatório avaliado.

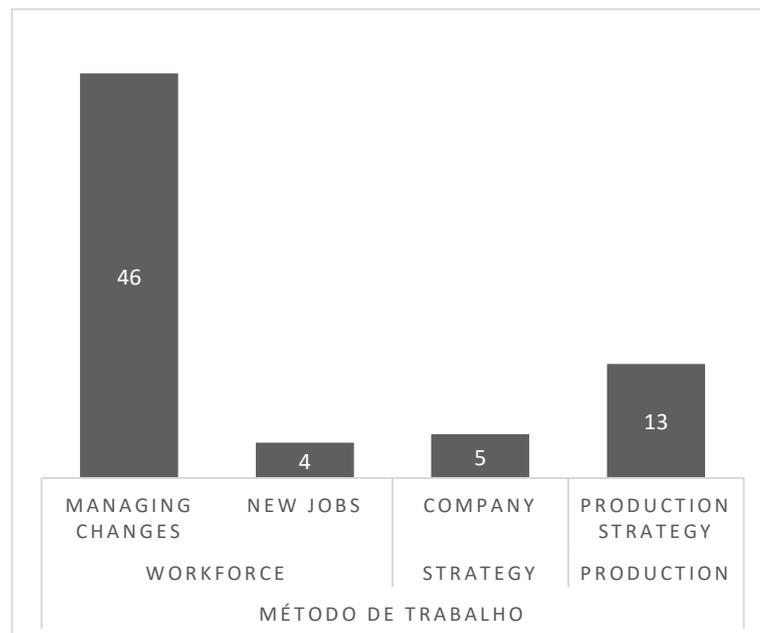
Especificamente, na subcategoria produção tem-se a baixa produtividade e pouco controle, complexo processo de construção e noção básica de gerenciamento e execução de projetos. Na subcategoria força de trabalho tem-se a escassez de mão de obra qualificada, alta utilização de trabalho manual, além disso, a mão de obra qualificada está ficando cara e as empresas não possuem processos para ajudar a mão de obra a adquirir a capacidade necessária.

Portanto, dentro da categoria método de trabalho as principais barreiras encontram-se na produção, com pouco domínio de gerenciamento e execução de projetos. E na força de trabalho, com pouco investimento em mão de obra qualificada, seja pela contratação ou então pelo fornecimento de treinamento para os já contratados.

4.4.4 Meios

Por fim, dentre os dados levantados nessa categoria, verificou-se a ocorrência de 68 indicadores vinculados aos meios para alcançar as mudanças.

Figura 22 – Indicadores de meios na categoria método de trabalho



Fonte: A Autora (2022)

A Figura 22 mostra a quantidade de indicadores encontrados nos relatórios referentes aos meios para alcançar as mudanças nesta categoria.

Dentre os meios para alcançar mudanças encontradas nesta categoria, obtiveram-se 50 indicadores agrupados na subcategoria força de trabalho, dentre os quais dividem-se em: 46 indicadores vinculados com gerenciamento de mudanças e 4 indicadores vinculados com novos trabalhos. Na subcategoria estratégia obteve-se 5 indicadores relacionados com a empresa. Já na subcategoria produção obteve-se 13 indicadores vinculados com a estratégia de produção.

A lista com os meios para alcançar as mudanças vinculadas com esta categoria, encontram-se na aba "Meios - Mét. Trabalho" da [planilha](#) de análise de dados.

Os relatórios indicam que, dentre os meios para alcançar as mudanças na estratégia de produção, salienta-se a necessidade por produzir produtos padronizados, fornecendo aos clientes um certo grau de personalização, contribuindo com o atendimento de sua necessidade. Além disso, os fornecedores de materiais precisam estar preparados para mudanças nos produtos e no mercado; e os investidores devem procurar entender os mercados que sofrerão mudanças, focando nas tendências, estratégias e recursos que diferenciarão as empresas.

Na estratégia da empresa alguns exemplos são a revisão do portfólio de produtos e serviços, verificando as tendências do mercado e as mudanças na demanda do cliente; ter dados sobre o comportamento do cliente após a conclusão da obra; analisar o cenário e utilizar ferramentas de planejamento para identificar novas mudanças assim implementando formas ágeis de trabalhar para acelerar o tempo de lançamento de novas ideias no mercado.

Já com relação à força de trabalho, identificaram-se habilidades futuras; capacitação dos funcionários para melhorar suas habilidades de acordo com a sua função ou onde o mercado está mudando; usar robôs, veículos aéreos não tripulados e equipamentos inteligentes para automatizar tarefas menos complexas e de menor risco no local de trabalho, para obter uma força de trabalho mais especializada e habilitada digitalmente. Por fim, relacionados com os novos trabalhos, tem-se a automatização de tarefas, desconstruir os trabalhos e classificar as tarefas para dividir cada tipo de trabalho; e verificar o conjunto de atividades das empresas, e atribuir novos cargos de trabalho, de acordo com os novos meios de realização das tarefas.

Portanto, verifica-se que os meios para alcançar as mudanças na categoria método de trabalho relacionam-se com a produção, através da busca por produtos padronizados para atender as necessidades dos clientes; e ter fornecedores preparados para fornecer produtos e serviços de acordo com as mudanças no mercado; relacionam-se também com a estratégia da empresa, estando preparada para ofertar os produtos e serviços de acordo com as tendências da

Construção 4.0; Por fim, relacionam-se com a força de trabalho, com a identificação de futuras habilidades e capacitação da mão de obra contratada, constante mudança e aperfeiçoamento de cargos e automatização de tarefas

Apesar de algumas subcategorias ("*managing changes in construction process*" e "*new jobs*") possuírem poucos indicadores, percebeu-se que na categoria método de trabalho, a partir da análise dos relatórios, encontram-se diversas consequências. As mudanças estão relacionadas com os métodos de produção, estratégia da empresa e a força de trabalho. Dentre os impactos identificados, percebe-se alguns benefícios provenientes das mudanças, como economia de custo, aumento de produtividade e potencialização do crescimento da empresa. Já com relação as barreiras, salienta-se a pouca qualificação de mão de obra. Por fim, nos meios para alcançar as mudanças, salienta-se a identificação de futuras habilidades, bons fornecedores e fornecer um serviço de acordo com a demanda do mercado.

4.5 SUSTENTABILIDADE

Na categoria sustentabilidade, dos relatórios de mercado, extraíram-se indicadores de tendência. Estes dados, com o respectivo título, autor e ano do relatório, encontram-se na [planilha](#) de análise de dados na aba "Dados Categoria Sustentab."

4.5.1 Mudanças

A partir dos dados encontrados nos relatórios, identificou-se um total de 8 indicadores vinculados às mudanças, na categoria Sustentabilidade

Quadro 16 – Indicadores de mudanças na categoria sustentabilidade.

Descrição	Autor
Shift towards environmental, social and governance (ESG) considerations	Weir <i>et al.</i> (2020)
ESG (environmental, social and governance) is here to stay. Across all real estate sectors, people are looking for truly sustainable assets and products. (ex: green construction)	Arora <i>et al.</i> (2020)
The demand for ESG-linked real estate investments is growing	Weir <i>et al.</i> (2020)
Defined strategies for environment, social, governance (ESG) as key components of our capital allocation framework and capital planning processes	

Maior demanda por sustentabilidade e certificações ambientais focadas em saúde e bem-estar, sobretudo no segmento habitacional	Souza <i>et al.</i> (2022)
Stricter regulation on safety and sustainability	Ribeirinho <i>et al.</i> (2020)
Sustainable products with optimal life-cycle value	De Almeida; Solas (2016)
There is a higher emphasis from customers on sustainability in the industry today	Ribeirinho <i>et al.</i> (2020)

Elaboração: A Autora (2022)

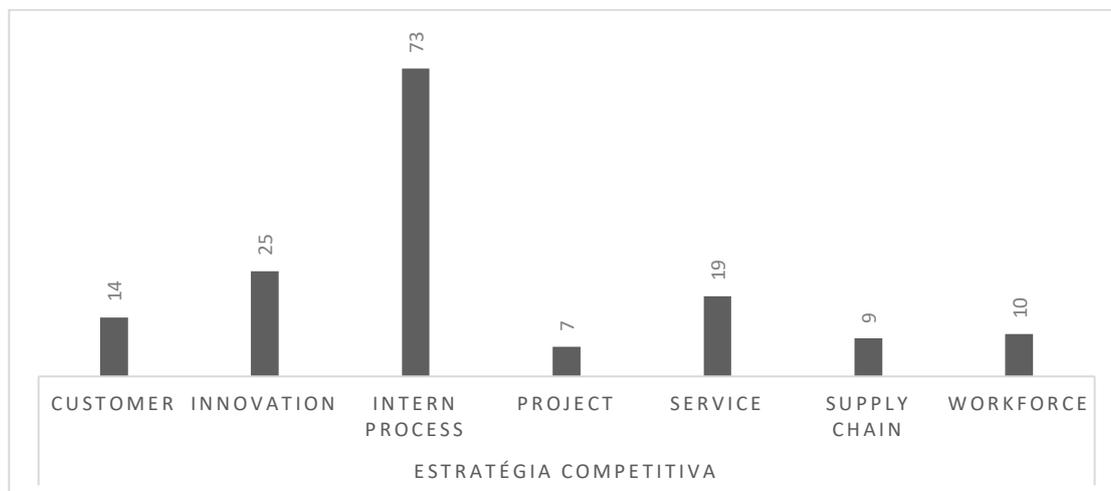
De acordo com o Quadro 16, na categoria sustentabilidade a partir da análise dos relatórios, encontraram-se mudanças vinculadas a práticas ambientais, sociais e de governança (ESG) dentro da empresa, a necessidade por investimentos imobiliários vinculados com ESG está aumentando, pois tem-se um aumento da procura de produtos e técnicas sustentáveis, tendo como um exemplo a utilização de construção verde. Além disso, destaca-se a adoção de uma regulação mais rígida acerca da segurança e sustentabilidade, com as certificações ambientais focadas na saúde e bem-estar, principalmente no segmento habitacional.

Portanto, na categoria sustentabilidade, a partir da análise dos relatórios, encontraram-se somente consequências relacionadas às mudanças, onde destaca-se a utilização de práticas com menor impacto ambiental. Desta forma, nota-se falta de indicadores nesta categoria para análise das consequências vinculados aos impactos/benefícios, barreiras/fatores chaves de sucesso e meios para alcançar as mudanças.

4.6 ESTRATÉGIA COMPETITIVA

Na categoria estratégia competitiva, dos relatórios de mercado, extraíram-se indicadores de tendência relativos à produção, estratégia e à força de trabalho. Estes dados, com o respectivo título, autor e ano do relatório, encontram-se na [planilha](#) de análise de dados na aba "Dados Categoria Estrat Compet. "

Figura 23 – Indicadores de tendências na categoria estratégia competitiva



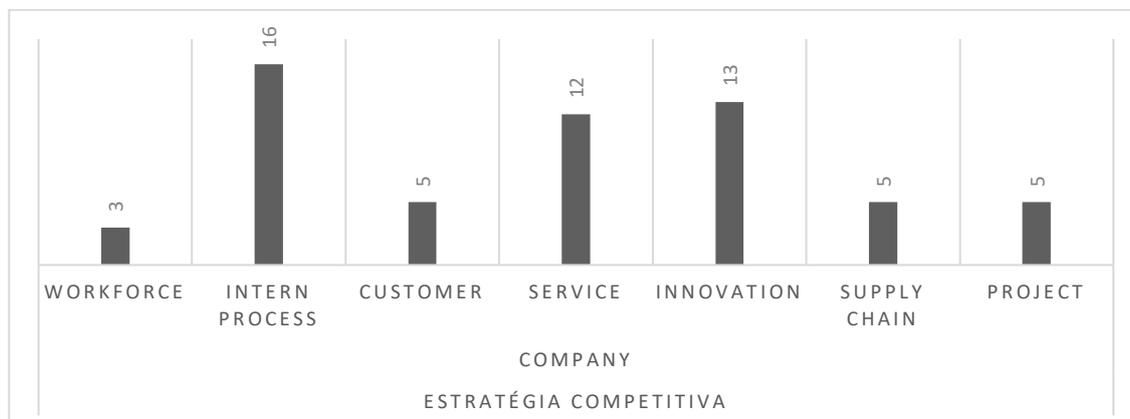
Elaboração: A Autora (2022)

A Figura 23 mostra a quantidade de indicadores relativos as tendências encontradas nos relatórios. Os relatórios mostram que grande parte dos indicadores encontrados na categoria produto são referentes aos processos internos (por exemplo, controle da cadeia de valor da empresa), seguido da inovação (por exemplo adoção de inovação proveniente da Construção 4.0), seguido do serviço (por exemplo, novos modelos de serviço e soluções), seguido do cliente (por exemplo, aumento da satisfação do cliente), seguindo da força de trabalho (por exemplo, constante treinamento da mão de obra), seguido da cadeia de suprimentos (por exemplo, gerenciamento de subcontratados), e por fim em menor número os indicadores vinculados com o projeto (por exemplo, monitoramento de projetos).

4.6.1 Mudanças

A partir dos indicadores de tendência encontrados nos relatórios, identificou-se um total de 59 indicadores vinculados às mudanças, na categoria estratégia competitiva. A lista com as mudanças vinculadas com esta categoria, encontram-se na aba "Mudanças - Estratégia Competitiva" da [planilha](#) de análise de dados.

Figura 24 - Indicadores de mudanças na categoria estratégia competitiva



Elaboração: A Autora (2022)

Tem-se poucos indicadores nas subcategorias força de trabalho (3 indicadores), cliente (5 indicadores), cadeia de suprimentos (5 indicadores) e projeto (5 indicadores). Além disso, percebe-se que a maior parte de indicadores vinculados com às mudanças encontram-se nos processos internos da empresa.

Os relatórios indicam que dentre as mudanças vinculadas com o cliente tem-se o aumento da sofisticação, através da demanda por produtos personalizados para o cliente, como também a geração de dados e análises sobre o comportamento do cliente após a conclusão do trabalho com o intuito de melhorar projetos futuros. Na inovação tem-se o investimento em inovação, através da forma de abordagem da empresa para adotar e implementar técnicas da Indústria 4.0, nesse viés inclui-se a infusão de tecnologias digitais, novos materiais e automação avançada.

Nos processos internos tem-se a estratégia de contratação interessadas no sucesso da companhia, modelo de negócio diferenciado com consolidação de parcerias, além de uma maior troca de dados e compartilhamento de melhores práticas.

Nos projetos tem-se um aumento de complexidade dos mesmos, além do planejamento dos projetos por meio de um rigoroso monitoramento de escopo, tempo e custo.

Nos serviços as mudanças associam-se aos novos entrantes do mercado, a necessidade de uma abordagem ágil para obter mais rapidez e eficiência, um novo modelo de negócios, serviços e soluções integradas, além de uma maior demanda por interações simplificadas e digitais.

Na cadeia de suprimentos tem-se a necessidade da melhoria de compras e do gerenciamento de subcontratados.

Por fim, na força de trabalho, tem-se um planejamento estratégico da força de trabalho, utilizando contratação inteligente e aplicando treinamento contínuo.

Portanto, as mudanças vinculadas a categoria estratégia competitiva associam-se à avaliação das necessidades do cliente para agregar valor à empresa; à inovação na empresa utilizando técnicas da Construção 4.0; às parcerias com outras empresas para a troca de conhecimentos; aos projetos monitorados com nível alto de detalhamento; à otimização de serviços através de processos menos complexos e eficientes, além da aderência de serviços fornecidos pelos novos entrantes; à ter uma cadeia de suprimentos consolidada; e a contratação de mão de obra qualificada com treinamento contínuo.

4.6.2 Impactos

A partir dos indicadores provenientes dos relatórios encontrados nesta categoria identificaram-se alguns impactos vinculados com às mudanças apresentados anteriormente.

Quadro 17 – Estratégias de inovação nas empresas.

Quantidade de impacto	Descrição
0-20%	Estratégia de dados/tecnologia/roadmap
	Estrutura da empresa
	Modelo de lucro
	Programas de aceleração
	Programas de incubação
	Programas de intraempreendedorismo
20-40%	Canal de venda
	Desempenho de produto
	Envolvimento com o cliente
	Espaço colaborativo/hubs/coworking
	Eventos/hackathons/pitch days
	Investimentos financeiros
	Lider senior responsável pela inovação
	Marca
	Network
	Novas tecnologias/pilotos com startups
40-60%	Processos internos
	Serviços
	Sistema de produto

Elaboração: A Autora (2022) a partir de Raffaini; Loreto (2020)

O Quadro 17 indica quais as estratégias de inovação adotadas pelas empresas. A primeira coluna indica a porcentagem de empresas que utilizam determinada estratégia. Já a segunda coluna indica as estratégias de inovação em cada empresa, enquanto a terceira coluna indica autor e ano do relatório analisado. Especificamente, 0-20% das empresas utilizam como estratégia de inovação na área de dados, na estrutura da empresa, modelo de lucro, programas de aceleração, incubação e intraempreendedorismo. Já 20-40% das empresas utilização estratégia de inovação nos canais de venda, no desempenho o produto, no envolvimento com o cliente, espaço colaborativo, eventos, como o *pitch day*, investimentos financeiros, marca, network e novas tecnologias/projetos pilotos. Já 40-60% das empresas utilizam estratégia de inovação em seus processos internos, serviços e produtos.

Segundo Raffaini; Loreto (2020), estratégia baseadas em programas externos de desenvolvimento e alterações no funcionamento da empresa encontram-se na preferência de 0-20% das empresas. Já as estratégias vinculadas com os clientes, investidores, startups e competidores encontram-se na preferência de 20-40% das empresas. Por fim, estratégias baseadas nos processos internos vinculados com a oferta de serviços e produtos encontram-se na preferência de 40-60% das empresas.

Conclui-se a maioria das empresas focam em estratégias vinculadas com processos internos, enquanto a minoria procura externamente formas de inovar. Além disso, evidencia-se que há variedade nas formas de inovação atualmente empregadas.

Além disso, outro impacto encontrado foi relativo aos fatores chaves de sucesso na empresa, dispostos no quadro 18.

Quadro 18 – Indicadores de impactos na categoria estratégia competitiva.

Fatores chaves de sucesso na empresa
Adoption of technology
Company leadership
Focus on innovation
Industry focus
Maturity of business continuity programs
Workplace demographics

Elaboração: A Autora (2022) a partir de Armstrong; Gilge; Max (2021)

O Quadro 18 apresenta os impactos provenientes da categoria estratégia competitiva, dentre os quais, destacam-se alguns fatores chaves de sucesso: a adoção de tecnologias, a

liderança dentro da empresa, o foco na indústria e na inovação, a maturidade para desenvolvimento de programas de negócios e os dados demográficos provenientes do local de trabalho.

Portanto, conclui-se que a empresa gera diferenciação no mercado, com uma maior eficiência e eficácia quando: foca na inovação através do uso de tecnologias, possui um líder capacitado, tem a maturidade para desenvolvimento de negócios e possui dados estratégicos do local onde atua.

4.6.3 Barreiras

Dentre os dados levantados nesta categoria, verificou-se a ocorrência de 20 indicadores vinculados às barreiras para adoção de mudanças, divididos nas categorias processos internos, inovação, cliente e força de trabalho, listados no Quadro 19.

Quadro 19 – Indicadores de barreiras na categoria método de trabalho.

Subcategorias		Descrição	Autor
Production	Production strategy	Baixa produtividade e poucos controles sobre as operações	Souza <i>et al.</i> (2020)
		Complex nature of construction and logistics	Ribeirinho <i>et al.</i> (2020)
		No clear industry standard yet, subs and customers need to adopt	Barbosa <i>et al.</i> (2017)
		No internal process to quantify or communicate business case and benefits	
		Poor project management and execution basics	
Strategy	Company	Low barriers to entry (mainly contractors)	Ribeirinho <i>et al.</i> (2020)
Workforce	Managing changes	An ongoing shortage of qualified workers is a major reason why the IU industry is not innovating quickly and is facing stagnating productivity as a result	Schwab; Buehler (2018)
		High share of manual work on site	Ribeirinho <i>et al.</i> (2020)
		Rising wage rates, labor shortages, and limitations to migrant labor	Barbosa <i>et al.</i> (2017)
		Skilled labor is becoming expensive	Ribeirinho <i>et al.</i> (2020)
		Today's IU industry does not have processes to help workers acquire suitable capabilities	Schwab; Buehler (2018)

Elaboração: A Autora (2022)

O Quadro 19 apresenta as barreiras provenientes da categoria estratégia competitiva encontradas nos relatórios. A primeira coluna refere-se as categorias e subcategorias atribuídas para o conjunto de dados, a segunda coluna refere-se aos indicadores encontrados e a terceira refere-se ao autor e ano do relatório.

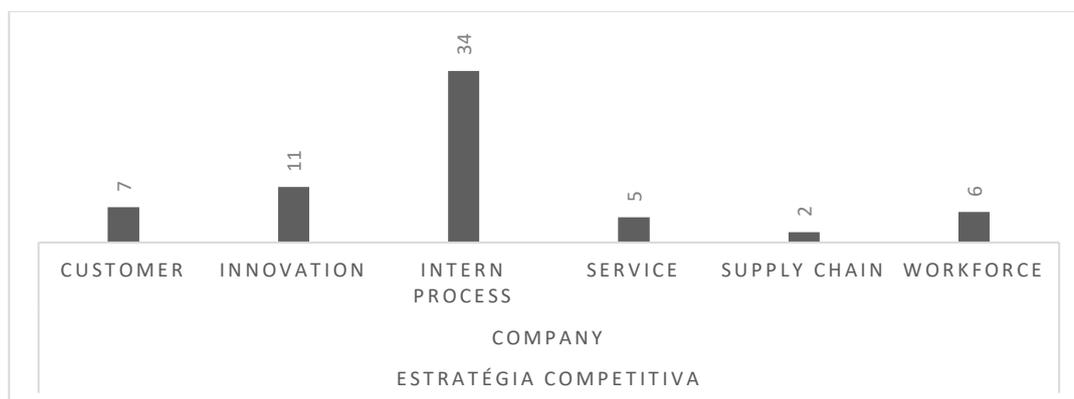
Especificamente, na subcategoria processos internos tem-se por exemplo, alto custo de construção, legislação e regulação burocrática e recursos financeiros limitados. Na subcategoria inovação tem-se a dificuldade de implementar novas tecnologias e uma falta de cultura e programa voltado a inovação. Na subcategoria clientes, tem-se uma baixa satisfação dos mesmos por meio de estouros de prazo e orçamento. Já na subcategoria força de trabalho tem-se a ausência de uma equipe voltada a inovação.

Em síntese, as barreiras para adoção de mudanças na categoria estratégia competitiva encontram-se vinculadas nas empresas com os processos internos, inovação, clientes e força de trabalho. Dentre os quais se destacam, a falta de estratégia da empresa, cultura adversa a mudanças, pouca satisfação dos clientes e falta de mão de obra qualificada para inovação.

4.6.4 Meios

Por fim, dentre os dados levantados nessa categoria, verificou-se a ocorrência de 68 indicadores vinculados aos meios para alcançar as mudanças.

Figura 25 – Indicadores de meios na categoria estratégia competitiva



Elaboração: A Autora (2022)

A Figura 25 mostra a quantidade de dados encontrados nos relatórios referentes aos meios para alcançar as mudanças nesta categoria. A lista completa destes indicadores encontra-se na aba "Meio - Estratégia Compet." da [planilha](#) de análise de dados.

Dentre os meios para alcançar as mudanças encontradas nesta categoria, obtiveram-se 50 indicadores agrupados na subcategoria força de trabalho, dentre os quais dividem-se em: 46 indicadores vinculados com gerenciamento de mudanças e 4 indicadores vinculados com novos trabalhos. Na subcategoria estratégia obteve-se 5 indicadores relacionados com a empresa. Já na subcategoria produção obteve-se 13 indicadores vinculados com a estratégia de produção.

Os relatórios indicam que dentre os meios para alcançar as mudanças na estratégia de produção, salienta-se por exemplo, que investidores devem procurar entender os mercados que sofrerão mudanças, focando nas tendências, estratégias e recursos que diferenciarão as empresas.

Na estratégia da empresa alguns exemplos são ter dados sobre o comportamento do cliente após a conclusão da obra; e analisar o cenário e utilizar ferramentas de planejamento para identificar novas mudanças e implementar formas ágeis de trabalhar para acelerar o tempo de lançamento de novas ideias no mercado.

Já com relação à força de trabalho, tem-se a identificação de habilidades futuras; capacitação dos funcionários para melhorar suas habilidades de acordo com a sua função ou onde o mercado está mudando; usar robôs, veículos aéreos não tripulados e equipamentos inteligentes para automatizar tarefas menos complexas e de menor risco no local de trabalho, para obter uma força de trabalho mais especializada e habilitada digitalmente. Por fim, nos novos trabalhos, tem-se a automatização de tarefas, desconstruir os trabalhos e classificar as tarefas para dividir cada tipo de trabalho; e verificar o conjunto de atividades das empresas, e atribuir novos cargos de trabalho, de acordo com os novos meios de realização das tarefas.

Portanto, verifica-se que os meios para alcançar as mudanças na categoria método de trabalho relacionam-se com a produção, possuindo fornecedores preparados para prover produtos e serviços de acordo com as mudanças no mercado. Relacionam-se também com a estratégia da empresa, utilizando ferramentas para identificar as novas ideias no mercado; Por fim, relacionam-se com a força de trabalho, com a identificação de futuras habilidades e capacitação da mão de obra contratada, constante mudança e aperfeiçoamento de cargos e automatização de tarefas

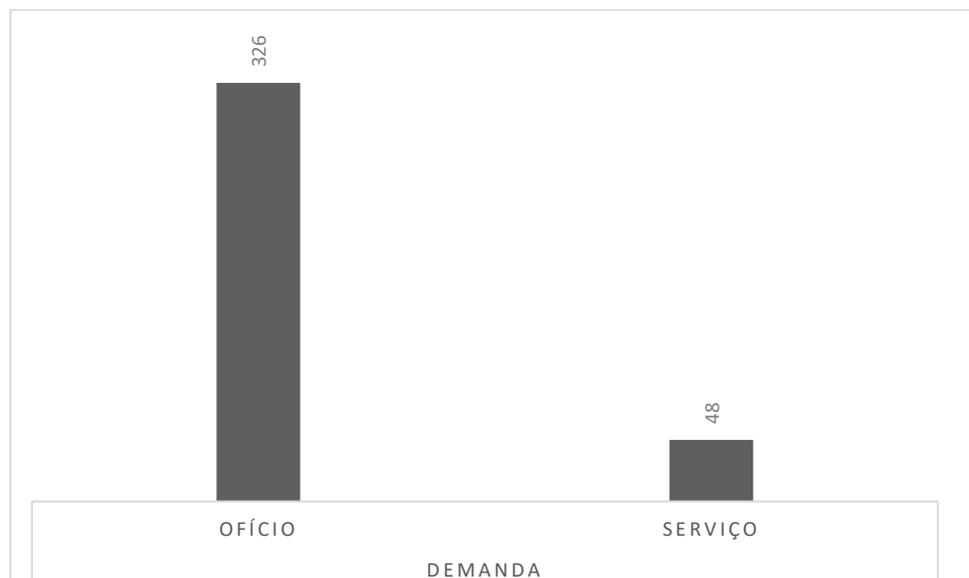
Apesar de algumas subcategorias (por exemplo, "*supply chain*" e "*workforce*") possuírem poucos indicadores, percebeu-se que na categoria estratégia competitiva, a partir da análise dos relatórios, também encontraram-se diversas consequências. As mudanças estão relacionadas com formas para agregar mais valor à empresa, como por exemplo através utilização de capacidades da Construção 4.0, e com a preocupação de atender as necessidades

dos clientes. Dentre os impactos identificados, percebe-se alguns fatores necessários para a empresa se diferenciar, como por exemplo adotar novas tecnologias, como também onde quais as estratégias de inovação das empresas, verificando que a maioria foca nos processos internos. Já com relação as barreiras, salienta-se a cultura adversa às mudanças provenientes da Construção 4.0. Por fim, nos meios para alcançar as mudanças, salienta-se as formas de estratégia da empresa, como por exemplo o cuidado com a oferta e demanda, e a troca de conhecimento entre outras empresas.

4.7 DEMANDA

Na categoria demanda, dos relatórios de mercado, extraíram-se indicadores de tendência relativos ao ofício e serviço. Estes dados, com o respectivo título, autor e ano do relatório, encontram-se na [planilha](#) de análise de dados na aba "Dados Categoria Demanda"

Figura 26 - Indicadores de tendências na categoria demanda



Elaboração: A Autora (2022)

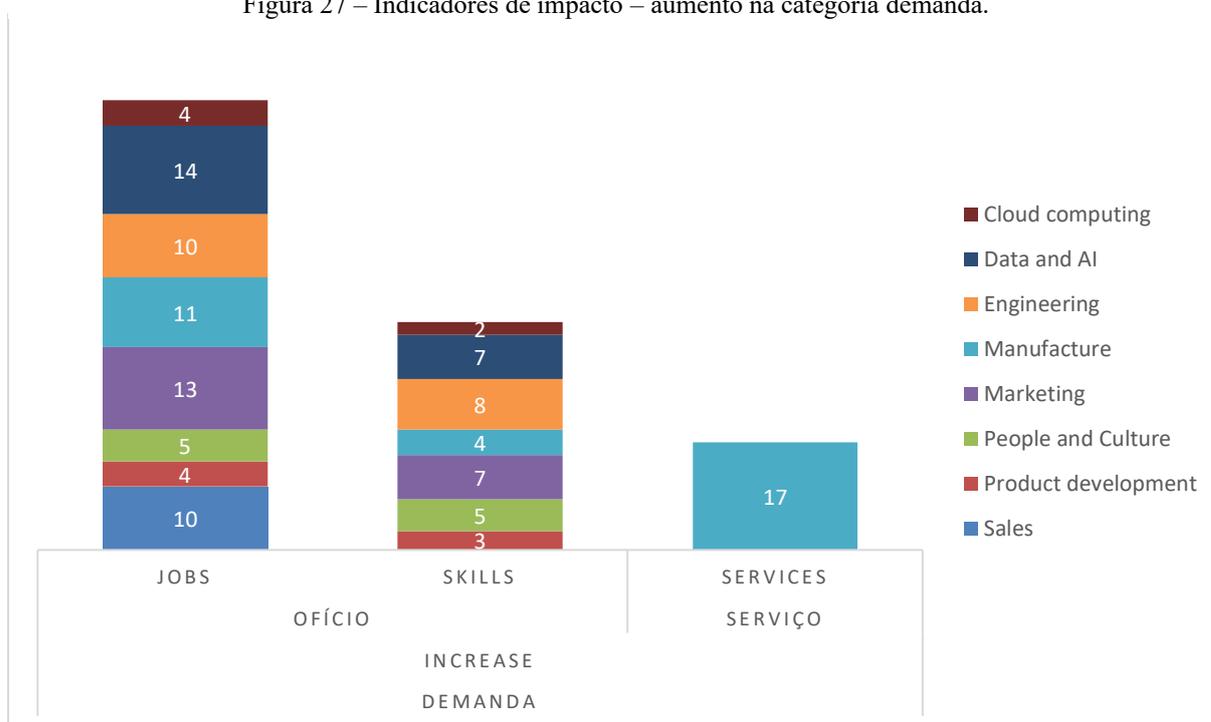
A Figura 26 mostra a quantidade de indicadores relativos as tendências encontradas nos relatórios referentes à demanda de ofício e serviço.

Os relatórios mostram que grande parte dos indicadores encontrados na categoria demanda são referentes a demanda de ofício (por exemplo, *AI and Machine Learning Specialists e Big Data Developer*). Em menor número tem-se os indicadores vinculados com a demanda de serviço (por exemplo, *Fabricate architectural components e Office support*).

4.7.1 Impactos

A partir dos indicadores provenientes dos relatórios encontrados nesta categoria identificaram-se impactos vinculados com o aumento e diminuição da demanda de ofício e serviço. A lista com os impactos vinculadas com esta categoria, encontram-se na aba "Impacto Aumento - Demanda" da [planilha](#) de análise de dados.

Figura 27 – Indicadores de impacto – aumento na categoria demanda.



Elaboração: A Autora (2022)

A Figura 27 apresenta a divisão da categoria demanda em subcategorias, ofício e serviço. Especificamente, apresenta-se a quantidade de aumento da demanda de ofício e serviço nas áreas de: vendas, desenvolvimento de produto, recursos humanos, marketing, engenharia, data e AI, fabricação e computação na nuvem.

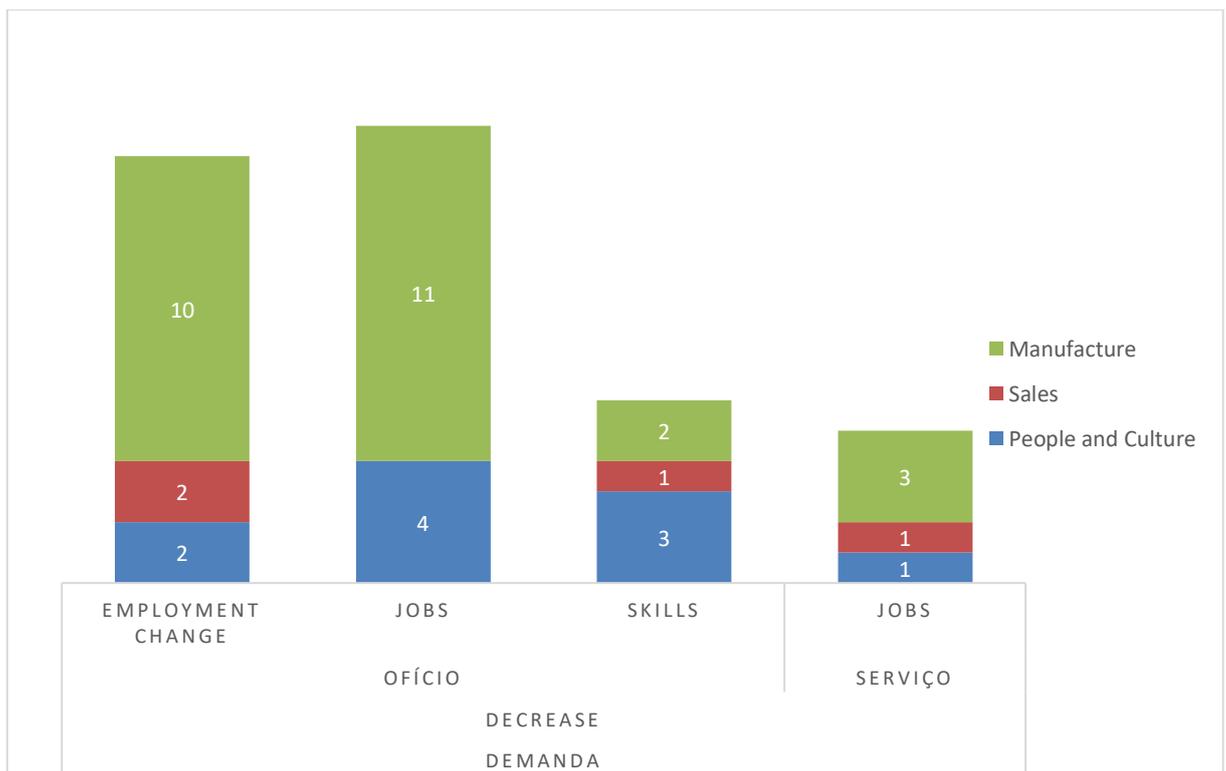
Dentre a quantidade de demanda encontrada, na subcategoria ofício obteve-se 71 indicadores relacionados com trabalho que vão desde a área de vendas até a computação na nuvem; e 36 indicadores relacionados com habilidades que vão desde a área de desenvolvimento de produtos até a computação na nuvem. Já na subcategoria serviço obteve-se 17 indicadores relacionados com a área de fabricação.

Através da Figura 27, observa-se que a demanda de ofício possui um aumento de trabalho na área de *Data* e AI (14), enquanto a demanda por habilidades possui um aumento na área de engenharia (8).

Através da lista percebe-se, por exemplo, que há um crescimento de trabalho na área de *Data* e AI relacionados a trabalhos de *Big Data Developer*, *Data Engineering* e *Internet of Things Developer*. Na área de engenharia há um crescimento nas habilidades relacionadas a desenvolvimento de tecnologias e programação. Já na área de serviços há um crescimento da fabricação e montagem de componentes arquitetônicos e estruturais, soldagem e escavação

Conclui-se que as áreas que possuem maior aumento de demanda são os trabalhos e habilidades voltadas ao uso de tecnologias e inovação. Porém, percebe-se que os serviços são pouco digitalizados e automatizados e que ainda necessitam grande quantidade de mão de obra.

Figura 28 – Indicadores de impacto – diminuição na categoria demanda.



Elaboração: A Autora (2022)

A Figura 28 apresenta a divisão da categoria demanda em subcategorias, ofício e serviço. Especificamente, apresenta-se a quantidade de diminuição da demanda de ofício e serviço nas áreas de: vendas, recursos humanos e fabricação A lista com os impactos vinculadas

com esta categoria, encontram-se na aba "Impacto Diminuição - Demanda" da [planilha](#) de análise de dados.

Dentre a quantidade de demanda encontrada, na subcategoria ofício obteve-se 14 indicadores relacionados com mudança de emprego; 15 indicadores relacionados com trabalho; e 6 indicadores relacionados com habilidades. Já na subcategoria serviço obteve-se 5 indicadores relacionados com trabalho.

Através da Figura 28, observa-se que a demanda de ofício possui uma diminuição nas mudanças de empregos e nos trabalhos na área de produção (10) e (11), respectivamente. Enquanto nas habilidades tem-se uma diminuição na área de recursos humanos (11). Na demanda de serviço observa-se também uma diminuição de trabalhos na área de produção (3).

Através da lista, percebe-se, por exemplo, que há uma diminuição de mudança de emprego na área de produção, relacionados a pedreiros, cobradores de conta e instaladores. Além disso, tem-se uma diminuição da demanda de trabalhos relacionados a escritórios de pagamento, secretárias administrativas, trabalhadores de montagem e operador mecânico e reparador de máquina. Já na área de serviços tem-se uma diminuição de trabalhos na área de produção relacionados a memória, habilidades verbais e auditivas e gestão de pessoal.

Conclui-se que as áreas que possuem uma maior diminuição da demanda são os trabalhos e habilidades voltados a atividades pouco digitalizadas e automatizadas, como por exemplo, instaladores e secretárias.

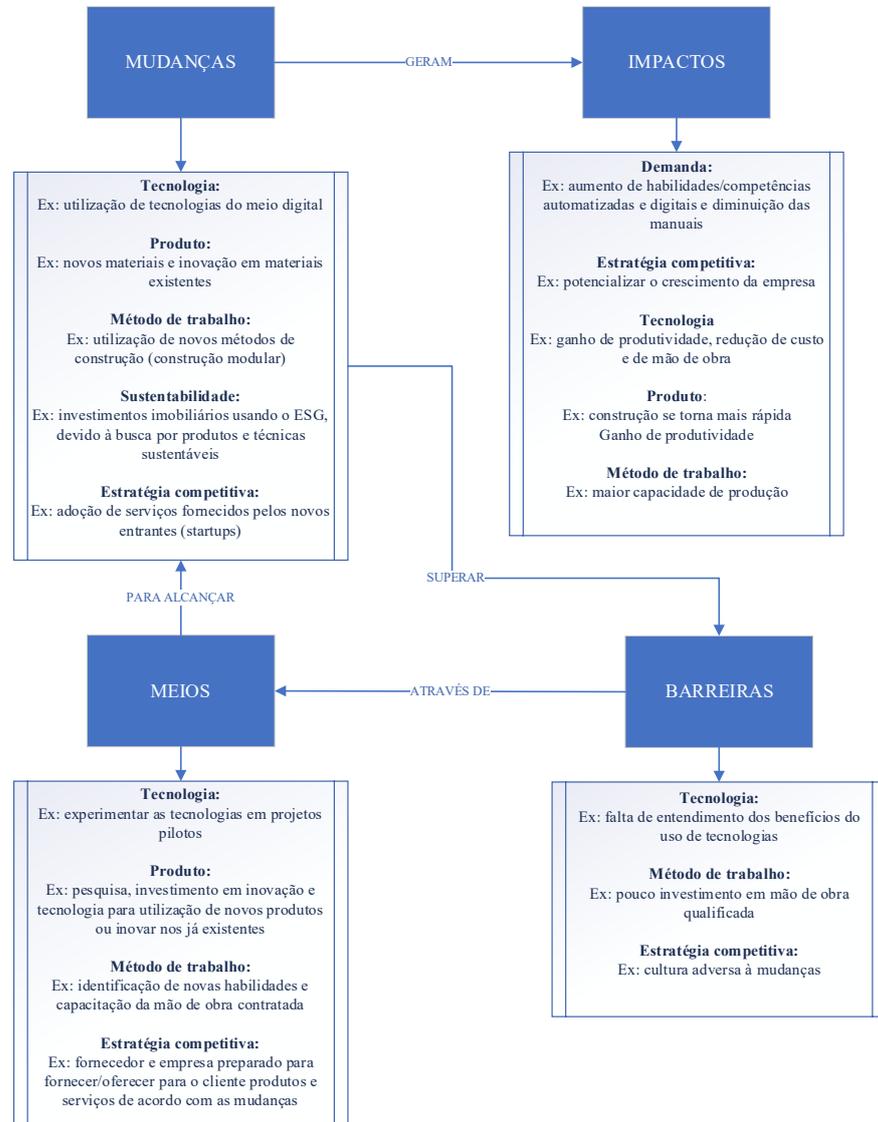
Portanto, na categoria demanda, encontram-se somente indicadores de tendência que possuem como consequência impactos na demanda de ofício e serviço. Estes relacionam-se com o aumento do trabalho e atividades automatizadas e digitais e diminuição dos manuais.

Desta forma, nota-se falta de indicadores nesta categoria para análise das consequências vinculados às mudanças, barreiras/fatores chaves de sucesso e meios para alcançar as mudanças.

4.8 SÍNTESE DOS RESULTADOS

Com o objetivo de sintetizar o resultado encontrado, criou-se a síntese apresentada na Figura 29.

Figura 29 - Síntese dos resultados.



Elaboração: A autora (2022)

A Figura 29 mostra através de um esquema, a síntese dos resultados deste trabalho através de exemplos de indicadores de tendências encontrados em cada uma das consequências analisadas. Através desse esquema, relaciona-se uma ordem lógica das mudanças, impactos, barreiras e meios encontrados neste trabalho. De forma geral, constatou-se que mudanças geram impactos. Além disso, faz-se necessário superar barreiras através dos meios para alcançar as mudanças. A leitura deve ser realizada da esquerda para direita e de cima para baixo.

Cabe ressaltar que nem todas as categorias analisadas possuem indicadores de tendências com todas as consequências (mudanças, impactos/benefícios, barreiras/fatores

chaves de sucesso e meios para alcançar as mudanças). Justificativa esta, dada pelo fato de que os relatórios analisados neste trabalho não abrangem essas consequências.

Portanto, identificou-se que os indicadores de tendência provenientes dos relatórios têm como consequência mudanças vinculadas com a quarta revolução industrial que ocorrem nas categorias estratégia competitiva, método de trabalho, produto, sustentabilidade e tecnologia. Constatou-se que as mudanças vinculam-se a atender as necessidades do cliente por construções automatizadas; a novos métodos de construção, como por exemplo a construção modular e a padronização; a utilização de serviços da Construção 4.0, como por exemplo, o uso de tecnologias e automação, bem como utilização de serviços oferecidos pelos novos entrantes que são, por exemplo as startups; a utilização de tecnologias do meio digital; a digitalização de atividades; a mão de obra qualificada com treinamento contínuo; e aos novos materiais e inovação em materiais existentes. Com isso, entende-se que as principais mudanças que moldam o futuro da construção, geram diferenciação para empresa ao utilizar mão de obra qualificada para implementar novos métodos de trabalho, como por exemplo, a construção modular, e também ao utilizar serviços da construção 4.0 fornecidos pelos novos entrantes, como por exemplo, a automação e adoção de tecnologias, objetivando atender as necessidades dos clientes.

Observou-se que as mudanças têm como consequência impactos quantitativos e qualitativos, que ocorrem nas categorias demanda, estratégia competitiva, método de trabalho, produto e tecnologia. Especificamente, os impactos são de ganho de produtividade, redução de custo; cronograma e mão de obra, redução do ciclo de vida dos produtos; aumento da reciclagem e reuso dos materiais; geração de diferenciação, eficiência e eficácia; maior capacidade de produção; produtos e serviços especializados; potencialização do crescimento da empresa; aumento de competências e trabalhos automatizados e digitalizados e; diminuição de habilidades e trabalhos manuais. Logo, os impactos e benefícios vinculam-se a empresa gerar competitividade através do aumento da produtividade proveniente da redução de custos, cronograma e mão de obra. Além disso, cabe destacar que as mudanças também aumentam as competências e trabalhos automatizados e diminuem os manuais.

Para alcançar os meios para as mudanças, percebeu-se que existem indicadores de tendência que possuem como consequência barreiras, ou fatores chaves de sucesso que necessitam ser superados, encontradas nas categorias estratégia competitiva, método de trabalho e tecnologia, que estão vinculados ao pouco entendimento das empresas dos benefícios e oportunidades das mudanças; ao pouco investimento em mão de obra qualificada e falta de

treinamento para os já contratados e; a falta de estratégia da empresa. Portanto, percebe-se que há muita resistência a mudança, é vista dificuldade para aceitar as inovações, seja pelo alto investimento em práticas inovadoras, como por exemplo, qualificação para novas tarefas, como também pela dificuldade de as empresas enxergarem os impactos e benefícios provenientes das mudanças.

Por fim, percebeu-se que existem indicadores de tendência que possuem como consequência meios para que as mudanças sejam alcançadas que ocorrem nas categorias estratégia competitiva, método de trabalho, produto e tecnologia. Dentre os quais identificou-se que estes vinculam-se a busca por produtos padronizados para atender as necessidades dos clientes; ao fornecedor e a empresa estar preparado para atender e fornecer ao cliente os produtos e serviços de acordo com as mudanças; a identificação de futuras habilidades; a capacitação da mão de obra; a equipe voltada a práticas inovadoras; a automatização de tarefas e; a empresa estar pronta par inovar e ter a visão de mudanças. Com isso, faz-se necessário a empresa estar pronta para atender a demanda do mercado perante as mudanças que irão acontecer. Se adaptar às mudanças é essencial e utilizar práticas inovadoras, como por exemplo, a digitalização e utilização de tecnologias faz com que a empresa aumente sua eficácia e eficiência, garantindo maior crescimento do negócio.

4.9 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os indicadores de tendências encontrados na categoria demanda referem-se ao aumento de trabalhos e habilidades utilizando tecnologias e inovação e a diminuição das que utilizam trabalhos manuais. Segundo Dornelles; Ayala; Frank, (2022), tecnologias, como por exemplo, realidade virtual, realidade aumentada, robôs e drones contribuem com as atividades dos trabalhadores aplicadas nas atividades de montagem, operação de máquinas, manutenção, treinamento, entre outros. Já para Camacho *et al.*, (2018), destaca-se a redução do trabalho manual, através do uso de tecnologias robóticas e da automação na coleta de dados promovendo eficiência e produtividade, o que impacta novas funções e habilidades na construção (NAGY; PAPP; SZABÓ, 2021). Portanto, verifica-se que ao comparar o resultado encontrado na categoria demanda com a teoria, encontram-se semelhanças, evidenciadas pela diminuição de trabalhos manuais, e uso de tecnologias e automação para os serviços.

As tendências encontradas na categoria estratégia competitiva tem o intuito de gerar competição e diferenciação através da avaliação das necessidades dos clientes, da inovação por

meio de serviços da Construção 4.0, como por exemplo, o uso de tecnologias, da adoção de serviços dos novos entrantes, da otimização dos serviços oferecidos, da necessidade de possuir uma cadeia de suprimentos consolidada e uma rede de parcerias com outras empresas para troca de conhecimentos. Segundo Liu; Nzige; Li, (2019) e Ramage, (2020), uma das tendências é ter maturidade na cadeia de suprimentos, melhorando seu valor, para controle de custo, tempo e eficiência. Além disso, se preocupar com a necessidade do cliente, possuir uma rede de fornecedores estabelecidos, oferecer serviços rápidos e econômicos através dos novos entrantes, também classifica-se como uma mudança no setor da construção civil (RAMAGE, 2020). Portanto, verifica-se que o resultado decorrente desta categoria se assemelha em vários aspectos quando comparado ao referencial teórico, como por exemplo, ao ter uma cadeia de suprimentos definida (LIU; NZIGE; LI, 2019), fornecedores estratégicos, preocupações com o cliente e adotar serviços da Construção 4.0 (RAMAGE, 2020).

As tendências encontradas na categoria tecnologias indicam a utilização de tecnologias, principalmente as do meio digital, bem como a busca do cliente por construções diferenciadas e automatizadas que podem ser atendidas através do uso de tecnologias. Segundo Liu; Nzige; Li, (2019) e Ramage, (2020), as tendências vinculam-se ao uso de tecnologias aplicada a construção, como por exemplo, BIM para um maior nível de detalhamento nos projetos, drones para monitoramento e robôs para automação de atividades, deixando o setor mais atrativo (NAGY; PAPP; SZABÓ, 2021). Portanto, verifica-se que os resultados dentro da categoria tecnologias se assemelham, quando comparados a teoria. Porém, ainda no trabalho evidencia-se a utilização de tecnologias principalmente do meio digital e que o cliente busca, através das aplicações tecnológicas, construções automatizadas.

As tendências vinculadas com a categoria produto indicam a utilização de novos materiais ou inovação em materiais existentes. Para Liu; Nzige; Li, (2019) e Ramage, (2020) uma das tendências seria a utilização de novos materiais com alto desempenho e baixo custo. Logo, verifica-se que o resultado encontrado na categoria produto se assemelha ao encontrado na teoria. Além disso, no trabalho salienta-se a inovação a partir de materiais existentes.

Na categoria sustentabilidade destacam-se tendências objetivando o menor impacto ambiental, além de regulamentos mais rígidos de segurança e sustentabilidade, no qual são obtidos através de produtos e técnicas sustentáveis, como a construção verde. Segundo Liu; Nzige; Li, (2019) e Ramage, (2020), as tendências associadas a construção 4.0 visam o menor risco ambiental, como por exemplo, ao utilizar a construção industrializada impactando em uma redução da emissão de carbono. Além disso, segundo Nagy; Papp; Szabó, (2021), uma das

tendências seria uma produção mais sustentável, com redução do consumo de materiais e redução de resíduos. Deste modo, verifica-se que na categoria sustentabilidade tanto o trabalho quanto a teoria destacam a preocupação com o meio ambiente.

As tendências encontradas na categoria método de trabalho relacionam-se com a utilização da construção modular, digitalização para desempenhar as atividades e também com a alteração na mão de obra, com trabalho remoto e desenvolvimento de capacidades da Construção 4.0. Para Liu; Nzige; Li, (2019), uma das tendências é a utilização de novos métodos construtivos, como por exemplo, a construção modular e a construção pré-fabricada, aumentando a produtividade. Além disso, salienta-se que um fator limitante é a falta de mão de obra qualificada, e que a tendência é adequar-se ao cenário de novas soluções tecnológicas com o treinamento e capacitação das mesmas. (RAMAGE, 2020); (LIU; NZIGE; LI, 2019); (NAGY; PAPP; SZABÓ, 2021). Logo, percebe-se que na categoria método de trabalho, há também semelhanças no resultado do trabalho e o que se evidencia na teoria. Porém, no trabalho ainda se salienta o uso de trabalho remoto, a digitalização das atividades, e o desenvolvimento de novas capacidades que vinculam-se a Construção 4.0.

5 CONCLUSÕES

Embora a Construção 4.0 traga benefícios através de novas soluções, redução de custo, agilidade e competitividade, pouco se sabe quais as tendências vinculadas com a Construção 4.0 para os próximos anos.

Para tanto, neste trabalho identificaram-se tendências vinculadas com a Construção 4.0 sob a perspectiva de relatórios de mercado, pesquisando, através de consequências: a) mudanças vinculadas com a quarta revolução industrial; b) seus impactos, benefícios e barreiras; c) fatores-chave de sucesso dessas mudanças; e d) os meios para alcançá-las. A análise desses itens resultou em uma classificação de seis categorias: demanda, estratégia competitiva, método de trabalho, produto, sustentabilidade e tecnologia. Apesar que os indicadores de tendências analisados dos relatórios não possuem todas as consequências listadas, entendeu-se que as tendências vinculadas com a construção 4.0 consistem em mudanças que geram diferenciação para a empresa ao usar por exemplo, novos métodos de trabalho e tecnologias para atender necessidades dos clientes por construções automatizadas. Essas mudanças geram impactos, que podem ser desde o aumento/diminuição da demanda de competências e trabalhos no mercado, como também aumento de produtividade, diminuição de

custo e cronograma. Porém, existem algumas barreiras que necessitam ser superadas para adoção dessas mudanças, como por exemplo, mão de obra desqualificada, a empresa não estar preparada para aderir a mudança e o custo elevado de tecnologias. Para isso, existem os meios para alcançar essas mudanças, que podem ser, a qualificação do profissional, possuir uma equipe de liderança qualificada para se adequar as mudanças, procurar utilizar os novos produtos e as novas técnicas de trabalho existentes no mercado, entre outros.

Consequentemente, essa pesquisa contribui com uma metodologia para categorização dos indicadores de tendências provenientes dos relatórios e também para identificação de suas consequências. Também a partir dessa pesquisa é possível preencher a lacuna referente a falta de conhecimento de quais tendências irão moldar o futuro da construção, o que trazem de impacto/benefício e quais os meios necessários para superar as barreiras dessas mudanças, o que faz-se necessário devido ao presente cenário da construção civil. Além disso, compreender o processo de mudanças é importante para se adequar e entender as novas oportunidades de crescimento no mercado de trabalho do setor.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõem-se verificar em outras fontes indicadores de tendências para as categorias que não possuem todas as consequências listadas neste trabalho.

Também recomenda-se realizar o levantamento de dados práticos através de pesquisas, entrevistas e observações de profissionais do mercado. Desta forma é possível verificar as tendências vinculadas com a Construção 4.0 através de dados empíricos e compará-los com os resultados aqui evidenciados.

Além disso, propõe-se analisar uma Indústria 4.0 de sucesso do mercado, evidenciando um cenário prático na qual verifique quais as mudanças empregadas na empresa, quais impactos, dificuldades encontradas e quais os meios utilizados para mudanças, verificando se esses estão de acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, Marcos Ronaldo *et al.* Principais inovações tecnológicas da indústria 4.0 e suas aplicações e implicações na manufatura. [S. l.], 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/60805>. Acesso em: 7 set. 2022.

ÁLVAREZ, Laureano; DE REYNA, Galo. **Construction Predictions 2020 | Deloitte Central Europe**. [S. l.]: Deloitte Touche Tohmatsu Limited, 2020. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/ce/en/pages/real-estate/articles/construction-predictions-2020.html>. Acesso em: 7 dez. 2022.

ARMSTRONG, Geno; GILGE, Clay. **Make it, or break it: Reimagining governance, people and technology in the construction industry**. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://advisory.kpmg.us/articles/2017/make-it-or-break-it.html>. Acesso em: 11 jun. 2022.

ARMSTRONG, Geno; GILGE, Clay; MAX, Kevin. **Future-Ready Index: Leaders and followers in the engineering & construction industry**. [S. l.]: KPMG International, 2019. Global Construction Survey 2019. Disponível em: <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2019/04/global-construction-survey-future-ready.html>. Acesso em: 6 dez. 2022.

ARMSTRONG, Geno; GILGE, Clay; MAX, Kevin. **No turning back - An industry ready to transcend**. [S. l.]: KPMG International, 2021. Global Construction Survey 2021. Disponível em: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2021/08/global-construction-survey1.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2022.

ARORA, Nidhi *et al.* **Construction and building technology: Poised for a breakthrough? McKinsey & Company**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/construction-and-building-technology-poised-for-a-breakthrough>. Acesso em: 10 set. 2021.

BARBOSA, Filipe *et al.* **Reinventing construction: A route to higher productivity**. [S. l.]: 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.

BERGER, Roland. **Think act - digitization in the construction industry - building Europe's road to "Construction 4.0"**. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://www.rolandberger.com/en/Media/Digitization-in-the-construction-sector.html>. Acesso em: 2 mar. 2021.

BERTRAM, N. *et al.* **Modular construction: From projects to products**. [S. l.]: McKinsey & Company: Capital Projects & Infrastructure, 2019. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/modular-construction-from-projects-to-products>. Acesso em: 8 jul. 2020.

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.

BETZ, Robert *et al.* **Real Estate + Real Innovation - KPMG Global**. [S. l.]: KPMG International, 2022. Disponível em: <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2022/03/real-estate-real-innovation.html>. Acesso em: 7 dez. 2022.

BRYMAN, Alan. **Social Research Methods**. Thirded. [S. l.]: Oxford University Press, 2008.

BÜEHLER, Michael Max; KOSTA, Isidora. **Shaping the Future of Construction: Inspiring innovators redefine the industry**. [S. l.]: The Boston Consulting Group Inc., 2017. World Economic Forum. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/shaping-the-future-of-construction-inspiring-innovators-redefine-the-industry/>. Acesso em: 6 dez. 2022.

BÜEHLER, Michael Max; KOSTA, Isidora; DE ALMEIDA, Pedro Rodrigues. **Shaping the Future of Construction: Insights to redesign the industry**. [S. l.]: World Economic Forum, 2017. World Economic Forum. Disponível em: <https://www.futureofconstruction.org/practice/new-report-shaping-the-future-of-construction-insights-to-redesign-the-industry/>. Acesso em: 6 dez. 2022.

CAMACHO, Daniel Delgado *et al.* Applications of additive manufacturing in the construction industry – A forward-looking review. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 89, p. 110–119, 2018.

CARDOSO, Francisco. **Stratégies d'entreprises et nouvelles formes de rationalisation de la production dans le bâtiment au Brésil et en France**. 1996. phdthesis - Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, [s. l.], 1996. Disponível em: <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00129492/document>. Acesso em: 13 maio 2016.

CASTAGNINO, Santiago *et al.* **Shaping the Future of Construction: An Action Plan to solve the Industry's Talent Gap.** [S. l.]: The Boston Consulting Group Inc., 2018. World Economic Forum. Disponível em: <https://www.futureofconstruction.org/practice/shaping-the-future-of-construction-an-action-plan-to-solve-the-industrys-talent-gap/>. Acesso em: 12 jul. 2022.

CAVALCANTI, Vladyr Yuri Soares de Lima *et al.* INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Revista Campo do Saber**, [s. l.], v. 4, n. 4, 2018. Disponível em: <https://periodicos.iesp.edu.br/index.php/campodosaber/article/view/149>. Acesso em: 7 set. 2022.

CBIC-CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **PIB da construção fecha o ano com crescimento de 9,7%, a maior alta em 11 anos.** [S. l.], 2022. Disponível em: <https://cbic.org.br/pib-da-construcao-fecha-o-ano-com-crescimento-de-97-a-maior-alta-em-11-anos/>. Acesso em: 25 jul. 2022.

CRAVEIRO, Flávio *et al.* Additive manufacturing as an enabling technology for digital construction: A perspective on Construction 4.0. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 103, p. 251–267, 2019.

CRESWELL, John W. **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches.** Thirded. [S. l.]: SAGE Publications, 2009.

DE ALMEIDA, Pedro Rodrigues; SOLAS, Manuel Zafra. **Shaping the future of construction: A Breakthrough in Mindset and Technology.** [S. l.]: World Economic Forum, 2016. Disponível em: <https://www.weforum.org/projects/future-of-construction/>. Acesso em: 2 maio 2019.

DICHRISTINA, Mariette; MEYERSON, Bernard S. **Top 10 Emerging Technologies of 2019.** [S. l.]: World Economic Forum, 2019. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/top-10-emerging-technologies-2019/>. Acesso em: 7 dez. 2022.

DICHRISTINA, Mariette; MEYERSON, Bernard S. **Top 10 Emerging Technologies of 2020.** [S. l.]: World Economic Forum, 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/top-10-emerging-technologies-2020/>. Acesso em: 7 dez. 2022.

DICHRISTINA, Mariette; MEYERSON, Bernard S. **Top 10 Emerging Technologies of 2021.** [S. l.]: World Economic Forum, 2021. Disponível em:

<https://www.weforum.org/reports/top-10-emerging-technologies-of-2021/>. Acesso em: 7 dez. 2022.

EVANS-GREENWOOD, Peter; HILLARD, Robert; WILLIAMS, Peter.

Digitalizing the Construction Industry: A case study in complex disruption. Australia:

Deloitte Insights, 2019. Disponível em:

<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/topics/digital-transformation/digitizing-the-construction-industry.html>. Acesso em: 23 set. 2020.

FORCAEL, Eric *et al.* Construction 4.0: A Literature Review. **Sustainability**, [s. l.], v. 12, n. 22, p. 9755, 2020.

FORSYTH, Liz. **Modernizing government: Global trends**. [S. l.]: KPMG International, 2021. Disponível em:

<https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2021/04/modernizing-government-global-trends.html>. Acesso em: 7 dez. 2022.

GERBERT, Philipp *et al.* **Digital in Engineering and Construction: The transformative Power of Building Information Modeling**. Boston, USA: The Boston Consulting Group Inc., 2016.

GOULDING, Jack *et al.* Construction industry offsite production: A virtual reality interactive training environment prototype. **Advanced Engineering Informatics**, [s. l.], v. 26, n. 1, Network and Supply Chain System Integration for Mass Customization and Sustainable Behavior, p. 103–116, 2012.

GUIMARÃES, Thiago de Castro; SANTOS, Bruna Stefanie Macedo. Metodologias Ágeis na construção civil: estudo de caso da Construção Modular Off site aplicada no Hospital M’boi Mirim em São Paulo / Agile Methodologies in civil construction: A case study of Off site Modular Construction Applied at Hospital M’boi Mirim in São Paulo. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 2207–2225, 2022.

HOFFMAN, Nicole P. An Examination of the “Sustainable Competitive Advantage” Concept: Past, Present, and Future. **Academy of Marketing Science Review**, [s. l.], v. 4, p. 16, 2000.

HSU, C. Scaling with digital connection: Services innovation. *Em*: 2007 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN AND CYBERNETICS, 2007, Montreal, QC, Canada. **2007 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics**. Montreal, QC, Canada: IEEE, 2007. p. 4057–4061.

IBEM, Eziyi O.; LARYEA, Samuel. Survey of digital technologies in procurement of construction projects. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 46, p. 11–21, 2014.

ISHIDA, Celso Y. *et al.* REALIDADE AUMENTADA: TECNOLOGIAS INOVADORAS PARA O ENSINO EM ENGENHARIA E ARQUITETURA. **Percurso**, [s. l.], v. 2, n. 17, p. 247–258, 2015.

JASELSKIS, Edward J. *et al.* Radio-Frequency Identification Applications in Construction Industry. **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 121, n. 2, p. 189–196, 1995.

KIM, Sung-Keun; RUSSELL, Jeffrey S. Framework for an intelligent earthwork system: Part I. System architecture. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 1–13, 2003.

KNILL, Emanuel. Quantum computing. **Nature**, [s. l.], v. 463, n. 7280, p. 441–443, 2010.

KOCHOVSKI, Petar; STANKOVSKI, Vlado. Supporting smart construction with dependable edge computing infrastructures and applications. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 85, p. 182–192, 2018.

LAU, S. E. N. *et al.* Review: Identification of roadmap of fourth construction industrial revolution. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, [s. l.], v. 615, p. 012029, 2019.

LEOPOLD, Till Alexander; RATCHEVA, Vesselina Stefanova; ZAHIDI, Saadia. **The Future of Jobs Report 2018**. [S. l.]: World Economic Forum, 2018. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018/>. Acesso em: 7 dez. 2022.

LI, J. *et al.* A Proposed Approach Integrating DLT, BIM, IoT and Smart Contracts: Demonstration Using a Simulated Installation Task. *Em: A PROPOSED APPROACH INTEGRATING DLT, BIM, IOT AND SMART CONTRACTS*, 2019. **International Conference on Smart Infrastructure and Construction 2019 (ICSIC)**. [S. l.]: ICE Publishing, 2019. p. 275–282. Disponível em: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/full/10.1680/icsic.64669.275>. Acesso em: 6 out. 2019.

LI, Junjie; YANG, Hui. A Research on Development of Construction Industrialization Based on BIM Technology under the Background of Industry 4.0. **MATEC Web of Conferences**, [s. l.], v. 100, p. 02046, 2017.

LUND, Susan *et al.* **The future of work after COVID-19.** [S. l.]: McKinsey Global Institute, 2021. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/the-future-of-work-after-covid-19>. Acesso em: 20 fev. 2021.

MEISELS, Michelle. **2021 Engineering and Construction Industry Outlook.** [S. l.]: Deloitte Touche Tohmatsu Limited, 2020. Disponível em: <https://www.deloitte.com/global/en/Industries/industrial-construction/analysis/gx-engineering-and-construction-industry-trends.html>. Acesso em: 7 dez. 2022.

MEISELS, Michelle *et al.* **The future of the construction industry: Preparing for fundamental shifts in connected construction.** [S. l.]: Deloitte Touche Tohmatsu Limited, 2021. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/energy-and-resources/articles/future-of-construction-industry.html>. Acesso em: 5 dez. 2022.

MEISELS, Michelle; WELLENER, Paul; HARDIN, Kate. **2022 Engineering and Construction Industry Outlook.** [S. l.]: Deloitte Touche Tohmatsu Limited, 2022. Disponível em: <https://www.deloitte.com/global/en/Industries/industrial-construction/analysis/gx-engineering-and-construction-industry-trends.html>. Acesso em: 7 dez. 2022.

MINTZBERG, Henry. The Fall and Rise of Strategic Planning. **Harvard Business Review**, [s. l.], n. January–February 1994, 1994. Disponível em: <https://hbr.org/1994/01/the-fall-and-rise-of-strategic-planning>. Acesso em: 7 jan. 2019.

MUÑOZ-LA RIVERA, F. *et al.* Methodological-Technological Framework for Construction 4.0. **Archives of Computational Methods in Engineering**, [s. l.], v. 28, n. 2, p. 689–711, 2021.

NEW PARADIGM FOR BUSINESS OF DATA. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/new-paradigm-for-business-of-data/>. Acesso em: 2 nov. 2022.

NOWOTARSKI, Piotr; PASLAWSKI, Jerzy. Industry 4.0 Concept Introduction into Construction SMEs. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, [s. l.], v. 245, p. 052043, 2017.

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**, [s. l.], v. 83, p. 121–139, 2016.

OSUNSANMI, Temidayo Oluwasola *et al.* Appraisal of stakeholders' willingness to adopt construction 4.0 technologies for construction projects. **Built Environment Project and Asset Management**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 547–565, 2020.

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, Mi *et al.* Structuring the context for construction robot development through integrated scenario approach. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 114, p. 103174, 2020.

PASCHOU, Theoni *et al.* Towards Service 4.0: a new framework and research priorities. **Procedia CIRP**, [s. l.], v. 73, 10th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems, IPS2 2018, 29-31 May 2018, Linköping, Sweden, p. 148–154, 2018.

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

QI, Bing *et al.* Investigating U.S. Industry Practitioners' Perspectives towards the Adoption of Emerging Technologies in Industrialized Construction. **Buildings**, [s. l.], v. 10, n. 5, p. 85, 2020.

RAFFAINI, Eduardo; LORETO, Bruno. **Construção do Amanhã**. [S. l.]: Deloitte Brazil & Terracotta ventures, 2020. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/br/pt/pages/real-estate/articles/construcao-amanha.html>. Acesso em: 9 jul. 2020.

REHSE, Olaf; HOFFMAN, Stefan; KOSANKE, Christoph. **Tapping into the Transformative Power of Service 4.0**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2016/tapping-into-the-transformative-power-of-service-4>. Acesso em: 14 jul. 2021.

RIBEIRINHO, Maria João *et al.* **The next normal in construction: How disruption is reshaping the world's largest ecosystem**. [S. l.]: McKinsey & Company, 2020. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/the-next-normal-in-construction-how-disruption-is-reshaping-the-worlds-largest-ecosystem>. Acesso em: 28 jul. 2022.

ROBINSON, Graham; LEONARD, Jeremy; WHITTINGTON, Toby. **The Future of Construction**. London, UK: Oxford Economics, Marsh and Guy Carpenter, 2021.

Disponível em: <https://www.marsh.com/us/industries/construction/insights/the-future-of-construction.html>. Acesso em: 16 dez. 2021.

SAN, Kiu Mee; CHOY, Chia Fah; FUNG, Wong Phui. The Potentials and Impacts of *Blockchain* Technology in Construction Industry: A Literature Review. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, [s. l.], v. 495, p. 012005, 2019.

SANTOS, Rafael Souza. Revisão de Literatura em Inovações Tecnológicas da Indústria da Construção. **Boletim do Gerenciamento**, [s. l.], v. 19, n. 19, p. 1–11, 2020.

SÁVIO, Luiz; AGUIAR, Maria. **Indústria 4.0 no Brasil: cenário e perspectivas**. [S. l.]: KPMG Consultoria Ltda., 2021. Disponível em:

<https://home.kpmg/br/pt/home/insights/2021/07/industria-4-0.html>. Acesso em: 6 dez. 2022.

SAWHNEY, Anil *et al.* A proposed framework for Construction 4.0 based on a review of literature. *Em*: ASSOCIATED SCHOOLS OF CONSTRUCTION PROCEEDINGS OF THE 56TH ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE, 2020. **EPiC Series in Built Environment**. [S. l.]: EasyChair, 2020. p. 301–309. Disponível em:

<https://easychair.org/publications/paper/VXLK>. Acesso em: 28 fev. 2021.

SAWHNEY, Anil; RILEY, Michael; IRIZARRY, Javier. **Construction 4.0: An Innovation Platform for the Built Environment**. [S. l.]: Routledge, 2020. *E-book*. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9780429398100>. Acesso em: 8 jul. 2020.

SCHROECK, Maximilian *et al.* **Digital industrial transformation - Reinventing to win in industry**. [S. l.]: Deloitte Touche Tohmatsu Limited, 2019. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/xe/en/insights/focus/industry-4-0/digital-industrial-transformation-industrial-internet-of-things.html>. Acesso em: 7 dez. 2022.

SCHUH, Günther *et al.* **Industrie 4.0 Maturity Index – Managing the Digital Transformation of Companies**. [S. l.]: 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.

SCHWAB, Olivier; BUEHLER, Michael Max. **Shaping the Future of Construction: Future Scenarios and Implications for the Industry**. [S. l.]: The Boston Consulting Group Inc., 2018. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/future-scenarios-and-implications-for-the-industry/>. Acesso em: 4 jul. 2022.

SCHWAB, Klaus; ZAHIDI, Saadia. **The Future of Jobs Report 2020**. [S. l.]: World Economic Forum, 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020/>. Acesso em: 7 dez. 2022.

SOUZA, Roberto de *et al.* **Tendências da Construção Civil para 2022**. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://materiais.cte.com.br/cte-e-book-tendencias-da-construcao-civil-2022>. Acesso em: 6 dez. 2022.

TEECE, David J.; PISANO, Gary; SHUEN, Amy. Dynamic capabilities and strategic management. **Strategic Management Journal**, [s. l.], v. 18, n. 7, p. 509–533, 1997.

THUNBERG, Micael; RUDBERG, Martin; KARRBOM GUSTAVSSON, Tina. Categorising on-site problems: A supply chain management perspective on construction projects. **Construction Innovation**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 90–111, 2017.

VAN DER AALST, Wil M. P.; BICHLER, Martin; HEINZL, Armin. Robotic Process Automation. **Business & Information Systems Engineering**, [s. l.], v. 60, n. 4, p. 269–272, 2018.

WEF. **HR4.0: Shaping People Strategies in the Fourth Industrial Revolution**. [S. l.]: World Economic Forum, 2019. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/hr4-0-shaping-people-strategies-in-the-fourth-industrial-revolution/>. Acesso em: 7 dez. 2022.

WEF. **New Paradigm for Business of Data**. [S. l.]: World Economic Forum, 2020a. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/new-paradigm-for-business-of-data/>. Acesso em: 7 dez. 2022.

WEF. **The Fourth Industrial Revolution: At the intersection of readiness and responsibility**. [S. l.]: Deloitte Touche Tohmatsu Limited, 2020b. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/ch/en/pages/risk/articles/industry-4-0-intersection-of-readiness-and-responsibility.html>. Acesso em: 7 dez. 2022.

WEIR, Andrew *et al.* **Real estate in the new reality**. [S. l.]: KPMG International, 2020. Disponível em: <https://home.kpmg/pt/en/home/insights/2020/08/real-estate-in-the-new-reality.html>. Acesso em: 6 dez. 2022.

WEIR, Andrew; PYLE, Andy; GRUNEWALD, Sander. **Is your digital future in the right hands? An annual review of the real estate industry's journey into the digital age**. [S. l.]: KPMG International, 2019. KPMG Global PropTech Survey. Disponível em: <https://home.kpmg/es/es/home/tendencias/2019/11/is-your-digital-future-in-the-right-hands.html>. Acesso em: 25 nov. 2022.

ZABIDIN, Nadia Safura; BELAYUTHAM, Sheila; IBRAHIM, Che Khairil Izam
Che. A bibliometric and scientometric mapping of Industry 4.0 in construction. **Journal of
Information Technology in Construction (ITcon)**, [*s. l.*], v. 25, n. 17, p. 287–307, 2020.