

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

William Kork Schmitt

**ANÁLISE DO USO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO  
ADVINDAS DA INDÚSTRIA 4.0  
EM CONSTRUTORAS DE SANTA MARIA/RS**

Santa Maria, RS  
2022

**William Kork Schmitt**

**ANÁLISE DO USO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO  
ADVINDAS DA INDÚSTRIA 4.0  
EM CONSTRUTORAS DE SANTA MARIA/RS**

Trabalho Conclusão do Curso apresentado ao  
Departamento de Engenharia Civil da  
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),  
para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Joaquim César Pizzutti

Santa Maria, RS  
2022

**WILLIAM KORK SCHMITT**

**ANÁLISE DO USO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO  
ADVINDAS DA INDÚSTRIA 4.0  
EM CONSTRUTORAS DE SANTA MARIA/RS**

Trabalho Conclusão do Curso apresentado ao  
Departamento de Engenharia Civil da  
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),  
para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Aprovada em 07 de fevereiro de 2022.

---

**Profº Dr.: Joaquim César Pizzutti (UFSM)**  
(Presidente/Orientador) (por videoconferência)

---

**Prof. Dr. Rogério Cattelan Antochaves de Lima (UFSM)**  
(por videoconferência)

---

**Profº Dr. Eduardo Rizatti (UFSM)**  
(por videoconferência)

Santa Maria, RS  
2022

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, Claudio Irineu Schmitt e Rosemarie Kork Schmitt, por terem me proporcionado toda educação, amor e carinho, mas também todas as melhores oportunidades e condições de estudo possíveis, independentemente do esforço e sacrifícios que fossem necessários. Por terem formado meu caráter e meus valores sempre com determinação, dedicação e ética. Sou eternamente grato a vocês.

Ao meu irmão, Konrad Erich Kork Schmitt, pelo exemplo de pessoa e profissional que é, sendo hoje a minha maior referência e o meu melhor amigo. Por sempre ter me acompanhado nas situações difíceis da vida e ser um exemplo que sempre me inspirou e me orgulhou. Agradeço de coração por tudo.

À minha namorada Gabriela Maffei Spinassé, por todo o apoio, auxílio e suporte nesse processo, por ter me ajudado a acreditar e superar os momentos mais difíceis.

Aos velhos amigos que tenho a satisfação de conviver desde a época do colégio. Os quais sempre pude contar, não só nos momentos bons, mas também nos mais complicados. Terei o prazer de levar essas amizades para toda a minha vida.

Ao meu professor orientador, Joaquim César Pizzutti, por todo suporte e orientação durante a fase acadêmica, mas principalmente durante esse trabalho, desde a definição do tema até a entrega dele.

E por fim, mas não menos importante, agradeço a todas as pessoas e empresas que auxiliaram na construção desse projeto e tornaram ele possível, através do seu tempo, conhecimento e experiência.

“Sonhos determinam o que você quer. Ação  
determina o que você conquista.”

(Aldo Novak)

## RESUMO

### ANÁLISE DO USO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO ADVINDAS DA INDÚSTRIA 4.0 EM CONSTRUTORAS DE SANTA MARIA/RS

AUTOR: William Kork Schmitt

ORIENTADOR: Joaquim César Pizzutti

O setor da construção civil é um dos setores mais importantes para a economia brasileira. Apesar disso, ele ainda apresenta resistências a transformações e mudanças, principalmente no que diz respeito ao uso de novas tecnologias. A partir da Quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0, a transformação digital do mercado se tornou cada vez mais rápida e novas oportunidades de evolução nas obras surgiram através de tecnologias como internet das coisas, robôs autônomos e realidade aumentada. Essas tecnologias tem como objetivo melhorar o desempenho no setor da construção civil através da redução de custos e aumento da produtividade. Com base nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo compreender e analisar o uso de tecnologia da informação, baseadas no conceito de indústria 4.0, em construtoras localizadas em Santa Maria - RS. Para isso, em um primeiro momento, construiu-se com base na literatura a evolução histórica até a indústria 4.0 e como esse conceito é aplicado no setor da construção civil, bem como suas tecnologias, vantagens e desafios de implementação. A partir disso, desenvolveu-se e aplicou-se um questionário de entrevistas com representantes de construtoras localizadas em Santa Maria para compreender o contexto local em relação à temática. No total, foram realizadas 09 entrevistas, apesar de 29 empresas terem sido contatadas para participar do estudo. A partir disso, observou-se que o tema é visto como um assunto importante pelos profissionais da área e os benefícios obtidos a partir do uso das tecnologias são nítidos. Contudo, observa-se também que ainda existem barreiras que dificultam a expansão da Indústria 4.0 nesse setor local, como a ausência de conhecimento técnico necessário nas equipes de trabalho e a dificuldade de adaptar os processos atuais a essa nova realidade. Como consequência, tem-se que a realidade das empresas analisadas é bastante heterogênea, visto que as porcentagens de uso de tecnologias desse tipo variam de 0% até 71%. Sendo assim, não foi possível identificar um padrão claro de acordo com o perfil da empresa, seja por tamanho ou por tempo de mercado. Porém, quando analisa-se a média geral de adoção local, o percentual de uso fica em 37% e os principais benefícios percebidos envolvem melhoria na gestão de obras e redução de retrabalho nos projetos.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0. Tecnologia. Construção Civil.

## ABSTRACT

### ANALYSIS OF THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES FROM THE 4.0 INDUSTRY IN CONSTRUCTORS FROM SANTA MARIA/RS

AUTHOR: William Kork Schmitt

ADVISOR: Joaquim César Pizzutti

The civil construction sector is one of the most important sectors of the Brazilian economy. Despite this, there is still a resistance to transformations and changes in this market, especially when it comes to new technologies adoption. Since the Fourth Industrial Revolution, also known as 4.0 Industry, the market reality digital transformation has become increasingly fast. Therefore, new opportunities for improvement in the construction works have emerged through technologies such as the internet of things, autonomous robots and augmented reality. These technologies aim to improve performance in the civil construction sector by reducing costs and increasing productivity. Based on this context, this assignment aims to understand and analyze the use of information technology, based on the 4.0 industry concept, in construction companies located in the town of Santa Maria/RS, Brazil. For that, the first step was to build the historical evolution until the 4.0 industry based on the existing literature, which included how this concept is applied in the civil construction sector, as well as its technologies, benefits and implementation challenges. Based on that, an interview questionnaire was applied to representatives of construction companies from Santa Maria. By doing that, the goal was to understand the technological context of these companies. In total, 09 interviews were carried out, although 29 companies were contacted to participate in the study. From this data, it was possible to conclude that the subject is seen as an important topic by local professionals and the benefits that come from the use of these technologies are clear to them. However, it was also clear that there are still barriers that hinder the 4.0 Industry expansion in the local economy, such as the lack of needed technical knowledge in the work teams and the difficulty of adapting current processes to the new reality. As a consequence, it is possible to conclude that the companies' reality is quite heterogeneous, once the technologies use percentage varies from 0% to 71%. Therefore, it was not possible to identify a clear technological pattern according to the company's profile, either by size or by age. However, when it is considered the local general average, the technological use rate is 37% and the main benefits perceived by the companies are construction works management improvement and less rework needed in projects.

**Keywords:** 4.0 Industry. Technology. Construction.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Fases da Revolução Industrial.....	16
FIGURA 2 - Fábrica no interior do Brasil, no período da primeira revolução industrial, em 1880 .....	17
FIGURA 3 - Locomotiva movida a vapor.....	18
FIGURA 4 - Linha de Montagem.....	19
FIGURA 5 - Primeiro gerador elétrico, construído por Nikola Tesla e George Westinghouse. .....	20
FIGURA 6 - Robótica industrial .....	21
FIGURA 7 - Indústria 4.0.....	22
FIGURA 8 - Os nove pilares da Indústria 4.0.....	23
FIGURA 9 - Robôs autônomos em armazém da Amazon .....	24
FIGURA 10 - Internet das coisas .....	25
FIGURA 11 - Simulação Digital .....	26
FIGURA 12 - Realidade Aumentada.....	27
FIGURA 13 - Segurança Cibernética.....	28
FIGURA 14 - Integração de Sistemas .....	29
FIGURA 15 - Computação em Nuvem .....	30
FIGURA 16 - Impressão 3D.....	30
FIGURA 17 - Big Data e Data Analytics .....	31
FIGURA 18 - Nível de digitalização dos setores da economia.....	34
FIGURA 19 - Fluxo BIM .....	36
FIGURA 20 - Projeto BIM.....	36
FIGURA 21 - Impressora 3D .....	38
FIGURA 22 - Demarcação de Terrenos via Drone .....	39
FIGURA 23 - Visualização de Planta Baixa através de realidade aumentada .....	40
FIGURA 24 - Processos gerenciáveis em um sistema ERP .....	41
FIGURA 25 - Construção Modular .....	43
FIGURA 26 - Mensagens encaminhadas .....	47
FIGURA 27 - Tempo de Mercado em anos das Empresas entrevistadas.....	50
FIGURA 28 - Tamanho das Empresas entrevistadas por número de funcionários.....	51
FIGURA 29 - Porcentagem de utilização das tecnologias pelas empresas entrevistadas .....	53
FIGURA 30 - “A empresa acredita que a implementação de tecnologias contribui para a produtividade e competitividade?” .....	55



FIGURA 31 - A construtora oferece ou já ofereceu treinamento para qualificação da equipe quanto ao uso de tecnologias na construção? .....	56
FIGURA 32 - A construtora possui algum planejamento para implementação de novas tecnologias ao longo dos próximos meses ou anos? .....	59
FIGURA 33 - A construtora tem uma parte do orçamento financeiro destinada a investimento em implementação de novas tecnologias nos próximos meses ou anos? .....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de Porte por número de colaboradores.....	50
Tabela 2 - Tempo de Mercado e Tamanho por construtora entrevistada .....	51
Tabela 3 - Análise de uso das tecnologias por empresa .....	53
Tabela 4 - Porcentagem de utilização das tecnologias por tempo e tamanho .....	56
Tabela 5 - Porcentagem de utilização das tecnologias por tempo em empresas com menos de 15 anos de mercado. ....	57
Tabela 6 - Porcentagem de utilização das tecnologias por tempo em empresas com mais de 15 anos de mercado. ....	57
Tabela 7 - Porcentagem de utilização das tecnologias por tamanho em Micro e Pequenas empresas. ....	58
Tabela 8 - Porcentagem de utilização das tecnologias por tamanho em Médias e Grandes empresas .....	58
Tabela 9 - Citações de Impacto. ....	61
Tabela 10 - Citações de Impactos por empresa .....	62
Tabela 11 - Citações de Desafio. ....	63
Tabela 12 - Citações de desafios por empresa.....	65

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	12
1.2 JUSTIFICATIVAS	13
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 Objetivo Geral	14
1.3.2 Objetivos Específicos	14
1.4 ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
2.1 REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	16
2.1.1. 1ª Revolução Industrial	17
2.1.2 2ª Revolução Industrial	18
2.1.3 3ª Revolução Industrial	19
2.1.4 4ª Revolução Industrial	21
2.2 INDÚSTRIA 4.0	22
2.2.1 Tecnologias	23
2.2.2 Impactos	32
2.2.3 Desafios	33
2.3 INDÚSTRIA 4.0 NA CONSTRUÇÃO CIVIL	34
3.3.1 Contexto	34
3.3.2 Tecnologias	35
3.3.3 Vantagens	43
3.3.4 Desafios	44
3. METODOLOGIA DA PESQUISA .....	44
3.1 ESTRUTURA DA METODOLOGIA	45
3.1.1. Quanto ao Objetivo Geral	45
3.1.2. Quanto aos procedimentos técnicos	45
3.2 METODOLOGIA APLICADA	46
3.2.1 Planejamento da Implementação da Metodologia	46
3.2.3 Aplicação da Metodologia	46
4. ANÁLISE DOS DADOS .....	49
4.1 ANÁLISE QUANTITATIVA	49
4.1.1 Perfil das Empresas	49
4.1.2 Uso de Tecnologias	52

4.1.3 Tendências ao uso de Tecnologias	59
4.2 ANÁLISE QUALITATIVA	60
4.2.1 Impacto das Tecnologias	60
4.2.2 Dificuldades e Desafios de Implementação	63
4.2.3 Efeito da Pandemia COVID-19	66
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	66
REFERÊNCIAS .....	69
ANEXO I.....	75

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Durante o século XVIII e o século XIX, o mundo iniciou um grande período de desenvolvimento tecnológico conhecido como Revolução Industrial (NEVES, 2021). Esse período é caracterizado pelo uso de novas tecnologias na época e por mostrar uma visão de produção jamais vista ou praticada até então. Já a Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, tem seu início em 2011, quando o termo foi empregado pela primeira vez como sinônimo de inovação e digitalização (SACOMANO ET AL; 2018). Segundo o relatório da DISTRITO, realizado em 2021, essa nova fase se refere a uma evolução dos setores industriais através de um salto tecnológico, onde verifica-se uma visão mais futurista da indústria, com descentralização do controle de processos e disseminação de dispositivos inteligentes interconectados por toda a cadeia de produção e logística das fábricas.

Nesse contexto de Indústria 4.0, o Brasil representa atualmente a 12º maior economia do mundo e vive um grande momento de evolução tecnológica (ALVARENGA, 2021). Apesar disso, dados emitidos pelo Índice Global de Inovação (2021), classificam o país apenas como o 57º país mais inovador do mundo, dentre 132 países analisados. Indo além, o setor de construção civil, está entre os setores brasileiros que menos aderiram à transformação digital (ALMEIDA, 2019). Dado o cenário nacional, sabe-se que a Indústria da construção civil é um dos setores mais importantes para a economia (VIEIRA, NOGUEIRA, 2018), visto que o crescimento desse setor está diretamente relacionado ao desenvolvimento e capacidade de produção de um país. Tem-se, portanto, que trata-se de um setor de suma importância quando temos em foco o cenário da Quarta Revolução Industrial no país. (VIEIRA, ET AL, 2014).

Dada essa importância da transformação digital dentro do setor de construção civil, o tema tem sido abordado por diversos pesquisadores nacionais e internacionais [SANTOS, 2021; SANTOS ET AL 2009; DOS SANTOS SIMÃO, ET AL, 2019; SILVA, SIMÃO, MENEZES, 2018; LIMA, 2018; RIBEIRO, 2019]. Contudo, ainda que tenha sido abordado por diferentes aspectos e diferentes autores, o tema da transformação digital no setor da construção civil ainda carece de estudos (DOS SANTOS SIMÃO, ET AL, 2019)

A partir dos fatos apresentados até aqui sobre a indústria 4.0 e dado o contexto global e brasileiro, é de suma importância entender o contexto das construtoras no país no que diz respeito

à adoção de novas tecnologias. Indo além, é necessário compreender os impactos regionais que as mudanças têm ocasionado. Com isso, chegou-se à pergunta que permeia esse trabalho de conclusão de curso: qual é o contexto das construtoras localizadas em Santa Maria - RS quando trata-se de tecnologias advindas da indústria 4.0? Com base nessa pergunta, o trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre as tecnologias empregadas nas construtoras da cidade de Santa Maria no Rio Grande do Sul (RS) com a finalidade de identificar o contexto do setor regional, os desafios enfrentados e tendências do mercado.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios (Pnad) apontou que o setor de construção civil no Brasil, em 2020, apesar da pandemia do COVID-19, teve um crescimento de 10,7%. O país, por outro lado, teve redução de 4,1% no PIB no mesmo período, de acordo com o Jornal UNESP (2021). Com isso, o segmento representa hoje 7% do PIB nacional e emprega 10% dos trabalhadores brasileiros. Consequentemente, trata-se de um segmento essencial para a recuperação da economia brasileira (ABRAINC, 2021). No entanto, para manter esse crescimento, conseguir aumentar a produtividade do setor e, consequentemente, auxiliar a economia brasileiro no cenário pós pandêmico, a construção civil possui desafios que precisam ser enfrentados nos próximos anos (GOMES, LONGO, 2020).

Quando se considera o contexto nacional, tem-se a relevância de estudos sobre as tecnologias empregadas na construção civil e como elas vêm evoluindo a partir de novas práticas advindas da Quarta Revolução Industrial. De acordo com o Sebrae Inteligência Setorial (2021), *“a produtividade no setor brasileiro tem grande potencial para melhorar, desde que adotadas melhores práticas, novos conceitos e que seja investido em tecnologia”*. Na mesma linha, Wanderson Leite, CEO da Prospecta Obras, defende que a construção civil é um dos setores brasileiros mais atrasados em relação à transformação digital, que já é observada em diversos segmentos da indústria. Ainda segundo esse especialista, a pandemia parece ter alterado esse comportamento e tem trazido evoluções nesse cenário no âmbito nacional (ESTADÃO, 2020).

De forma análoga, compreender o cenário tecnológico regional é de suma importância para que sejam tomadas ações assertivas em prol do crescimento local desse setor tão importante a nível nacional. Apesar disso, há pouco na literatura sobre o contexto das construtoras a nível municipal. Por isso, o presente trabalho se propõe a compreender o atual cenário das tecnologias advindas da Indústria 4.0 nas construtoras da cidade de Santa Maria - RS e seus consequentes impactos e desafios. Com isso, objetiva-se gerar compreensão sobre esse setor a nível local e,

consequentemente, contribuir com a transformação digital da construção civil no município gaúcho.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo compreender e analisar o uso de tecnologia da informação, baseadas no conceito de indústria 4.0, em construtoras localizadas em Santa Maria - RS.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- a) contextualizar e compreender o conceito de indústria 4.0 e suas tecnologias.
- b) contextualizar e compreender as principais tecnologias aplicadas à construção civil advindas da indústria 4.0 e seus impactos e desafios;
- c) identificar o contexto da indústria 4.0 no setor de construção civil na cidade de Santa Maria - RS no que diz respeito à evolução tecnológica.

### 1.4 ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS

Visando apresentar todos os temas abordados na metodologia proposta por este estudo, de forma sequencial e construtiva, o trabalho se divide em cinco capítulos, sendo o primeiro já apresentado através da contextualização, justificativa e objetivos do trabalho como um todo. Em seguida, no capítulo 2, tem-se a fundamentação teórica dos principais conceitos que serão abordados ao longo deste trabalho, sendo eles: revolução industrial, indústria 4.0 e indústria 4.0 na construção civil. Por sua vez, o Capítulo 3 apresenta em detalhes a metodologia aplicada no trabalho e procedimentos técnicos utilizados e é seguido pelo capítulo 4, que apresenta os resultados obtidos a partir das entrevistas realizadas conforme a metodologia. Nesse capítulo, em um primeiro momento é definido o perfil da amostra entrevistada para, em seguida, serem apresentadas as análises quantitativas e qualitativas dos dados. Por fim, no Capítulo 5, tem-se as considerações finais do estudo desenvolvido através de uma breve revisão dos principais

pontos apresentados ao longo do trabalho e das principais conclusões obtidas a partir das análises. Neste capítulo final também são apresentadas perspectivas de continuidade para a pesquisa desenvolvida em trabalhos futuros.



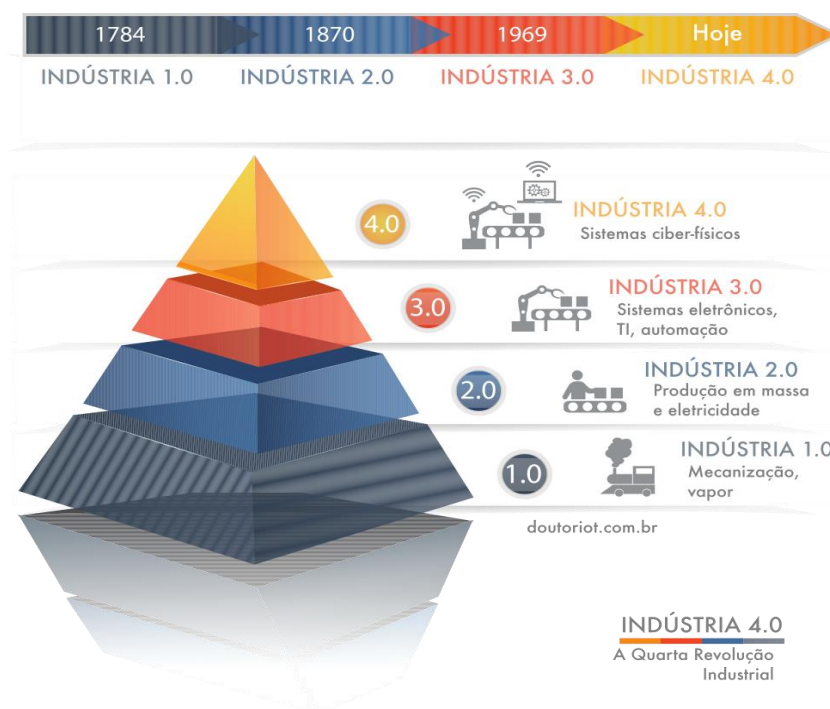
## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A Revolução Industrial consiste em um período de grandes mudanças econômicas e sociais que se iniciou no século XVIII na Europa e que perdura até os dias atuais. Esse período marca o início de grandes transformações nos processos de produção, consumo e relações de trabalho, ao mesmo tempo em que sustenta o avanço da tecnologia e do conhecimento nas diversas áreas da indústria. Com isso, a revolução industrial representa um período que teve efeitos diretos na vida econômica globalmente (Brasil Escola, 2021).

Ao longo dos anos, todo esse processo passou por diferentes etapas, que foram denominadas como 1ª, 2ª e 3ª Revoluções Industriais, como mostra a Figura 2.1.

FIGURA 1 - Fases da Revolução Industrial



Fonte: IBM

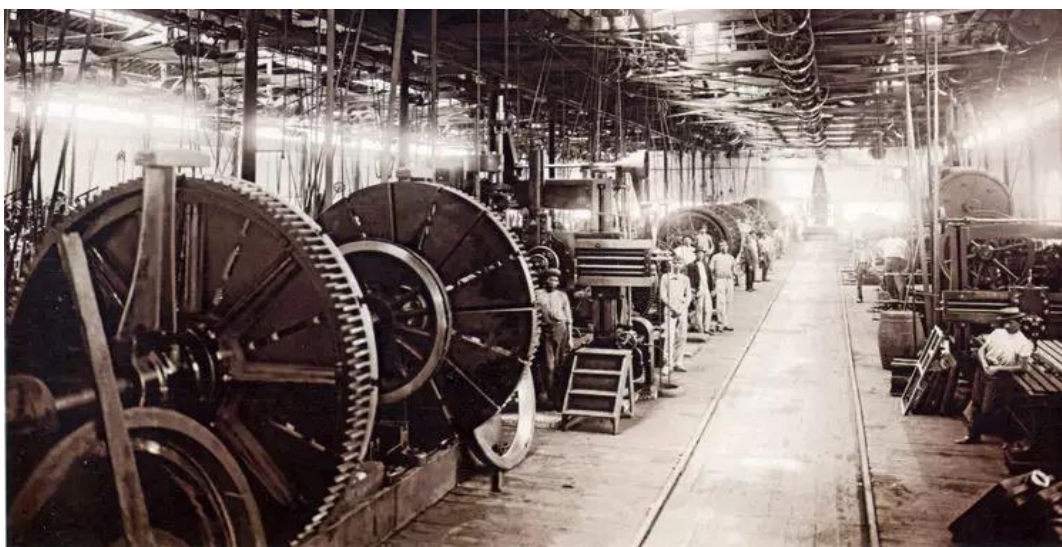
Contudo, atualmente defende-se que “após cerca de 200 anos, chegamos à era da Indústria 4.0, a 4ª Revolução Industrial, marcada pela completa descentralização do controle

*dos processos produtivos e uma proliferação de dispositivos inteligentes interconectados”* (FERREIRA, 2018).

### 2.1.1. 1ª Revolução Industrial

A primeira etapa da Revolução Industrial começou na Inglaterra no século XVIII e se expandiu para o continente europeu. A principal característica desta fase é a mudança do processo produtivo, através da utilização do carvão e da criação e uso das máquinas a vapor (GUIMARÃES, 2018). Ainda de acordo com Guimarães (2018), até então o trabalho era feito por artesãos e dependia de força animal e métodos rudimentares - como moinhos de água - para acontecer. A partir dessa primeira fase da revolução industrial, o trabalho passou a ser desenvolvido em fábricas com a utilização de máquinas a vapor. Como consequência, houve-se aumento da produção. Isso porque, até aquele momento, a execução do trabalho era manual e demandava muito tempo, mas, com as primeiras máquinas trabalhando para o homem, verificou-se um salto na capacidade produtiva da época.

FIGURA 2 - Fábrica no interior do Brasil, no período da primeira revolução industrial, em 1880



Fonte: Wikipédia

Ainda em relação à primeira fase da revolução industrial, o grande marco do período, que foi a invenção dos motores a vapor que utilizavam carvão como base, permitiu a produção de ferro em grande escala. Não obstante, o caminho do desenvolvimento da época exigiu que a produção de máquinas tivesse cada vez mais qualidade e precisão e, com isso, máquinas

começaram a ser usadas para fabricar outras máquinas (DATHEIN, 2003). Foi nesse período também que o ferro passou a ser introduzido no setor de construção civil. Inicialmente, essa matéria prima foi utilizada na construção de estradas de ferro, vagões, pontes de ferro e também navios. Como consequência da evolução dos meios de trabalho, a produção de ferro mundial triplicou a partir da redução do tempo demandado na cadeia produtiva, além da otimização dos meios de transporte e custos envolvidos nesta indústria (DATHEIN, 2003).

FIGURA 3 - Locomotiva movida a vapor



Fonte: Wikimedia Commons

### **2.1.2 2ª Revolução Industrial**

Como dito anteriormente, a Inglaterra foi o berço da 1ª Revolução Industrial. A partir do pioneirismo Inglês, outros países também passaram a investir no setor a partir da última metade do século XIX. Com isso, deu-se início à Segunda Revolução Industrial, fase que foi caracterizada pela criação da energia elétrica e utilização do aço como matéria prima. Além disso, nessa fase, observou-se o nascimento da produção em série, cujo objetivo era diminuir custos de produção e aumentar a capacidade produtiva das fábricas (DATHEIN, 2003).

Ainda de acordo com Dathein (2003), nessa época, a produção foi segmentada em múltiplas etapas e adotou-se o uso de motores de combustão, a gasolina e a gás. Com a substituição gradativa do carvão pelo petróleo, houve mais uma vez a aceleração da produção da

indústria através de motores elétricos e movidos a combustão interna. Apesar da redução no uso de máquinas à vapor, o baixo custo do carvão durante esse período ainda garantiu a hegemonia desse tipo de máquina durante esse período. Para o setor de construção civil, por sua vez, o período ficou marcado pela descoberta do concreto armado por Joseph Louis Lambot em 1849. Essa descoberta permitiu a construção de estruturas de concreto mais resistentes, uma vez que a ação conjunta do aço e concreto permitia, por um lado, a resistência aos esforços de compressão através do concreto e, por outro, a resistência aos esforços de tração através do aço (CARVALHO, 2008).

### 2.1.3 3ª Revolução Industrial

Após a Segunda Guerra Mundial, deu-se início ao período marcado pela Terceira Revolução Industrial. Essa nova fase ficou conhecida como a Revolução Técnico-Científica-Informacional. Isso porque, nesse momento, observou-se diversos avanços tecnológicos conectados aos campos da ciência que contribuíram para integrar todo o sistema produtivo das indústrias (Brasil Escola, 2021). A terceira fase da revolução foi marcada pelas invenções importantes do campo tecnológico, como os computadores, os telefones e as linhas de montagem de fábricas. Em relação a esse último ponto, destaca-se a linha de montagem proposta por Henry Ford - também conhecida como fordismo - cujo objetivo principal era garantir capacidade produtiva em alta escala, produzindo sempre mais e do mesmo, sem critérios de qualidade associados (SACOMANO, 2018).

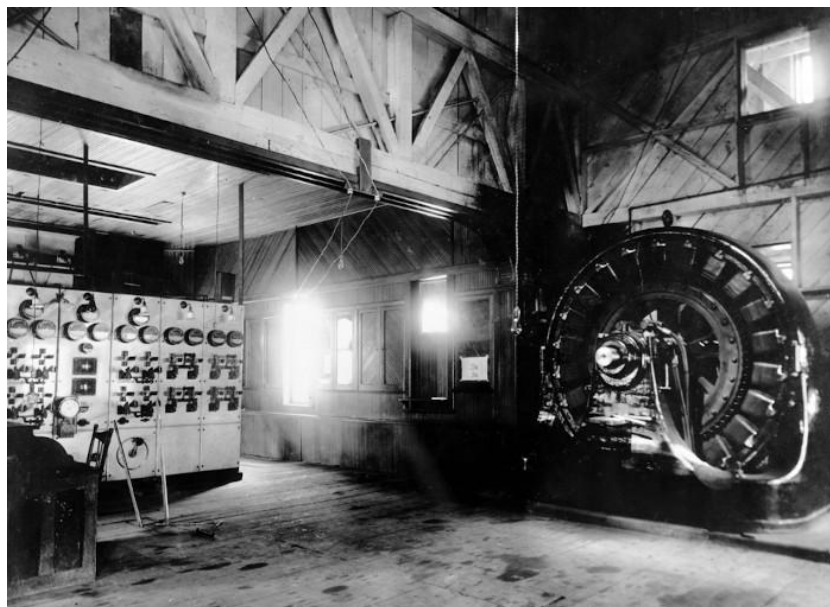
FIGURA 4 - Linha de Montagem



Fonte: Beduka

Foi nesse contexto que, em 1856, Henry Bessemer desenvolveu uma técnica para converter ferro em aço em escala industrial. Com o surgimento de processos mais rápidos e baratos para realizar essa transformação, houve a substituição do ferro por aço nas ferrovias e na indústria naval, o que, conseqüentemente, gerou grande aumento nos níveis de produção da época. Além do aço, foi também na Terceira Revolução Industrial que ocorreu o surgimento da eletricidade, que impactou não só a indústria da época, mas o estilo de vida da população no geral. Com energia disponível, as fábricas puderam deixar de lado a utilização de geradores dentro das unidades produtivas e, com o avanço dos meios de transmissão, essa tecnologia foi colocada ao alcance da população em geral. Por fim, o baixo custo da eletricidade como forma de energia permitiu o desenvolvimento de pequenas indústrias da época (DATHEIN, 2003).

FIGURA 5 - Primeiro gerador elétrico, construído por Nikola Tesla e George Westinghouse.



Fonte: Mundo Educação

Com o avanço das inovações que marcaram esse período, observou-se a proliferação do uso de computadores, da automatização e robotização. Com isso, foi possível armazenar e processar a informação de forma digital e, conseqüentemente, evoluir os meios de comunicação com a criação da internet e dos telefones móveis (COELHO, 2016). Em paralelo a esse contexto, também houve o surgimento de outras formas de produção enxuta, como o sistema Toyota, que teve como foco eliminar perdas de processo, produzir por demanda e elevar a qualidade do produto. Para isso, esse sistema conectou a linha de montagem a tecnologias de automação, além

de investir no uso intensivo de tecnologia de informação (TI). Essa mudança trouxe ganhos para a indústria em geral durante esse período (SACOMANO, 2018).

FIGURA 6 - Robótica industrial



Foto: Wikimedia Commons

Já no que diz respeito à construção civil, é na Terceira Revolução Industrial que observa-se o início da utilização da informática, da robótica e da eletrônica nos processos desse segmento. Isso aconteceu através do uso de softwares e computadores aplicados à construção civil, bem como através da automação de processos construtivos e evoluções de equipamentos de obra. Esse cenário resultou em projetos e decisões mais inteligentes, cuja tomada de decisão era embasada em dados e informações. Não obstante, observou-se aumento de produtividade e diminuição de custos de obras executadas no período quando comparadas às anteriores (RIBEIRO, 2019).

#### **2.1.4 4ª Revolução Industrial**

A última e mais recente fase da revolução industrial é a chamada de a 4ª Revolução Industrial ou a Indústria 4.0. Esse conceito é recente e foi lançado pelo governo alemão em 2011 durante a Feira de Hannover. Nessa feira, foi apresentado um projeto denominado “Plataforma Indústria 4.0”. Esse projeto tinha como objetivo evoluir ainda mais a tecnologia da época através da comunicação entre sistemas automatizados. Com a possibilidade de comunicar-se entre si, observou-se a transformação da conexão entre máquinas e seres humanos e, por consequência, a transformação de todo o processo de produção (SACOMANO, 2014). Nessa mesma linha, Klaus Schwab, fundador do Fórum Econômico Mundial, afirma que “A *Quarta Revolução Industrial*



*gera um mundo em que os sistemas de fabricação virtuais e físicos cooperam entre si de uma maneira flexível a nível global" (BRITO, 2021). É essa nova Indústria 4.0 e as tecnologias associadas a ela que serão abordadas na seção seguinte.*

## 2.2 INDÚSTRIA 4.0

Segundo Cavalcanti e Nogueira (2017), a indústria 4.0 pode ser caracterizada pelo uso de processos que utilizam máquinas gerenciadas por inteligência tecnológica como, por exemplo, a robótica colaborativa. O Portal da Indústria (2020), por sua vez, define esse conceito como o processo de *“automação industrial e integração de diferentes tecnologias como inteligência artificial, robótica, internet das coisas e computação em nuvem, com o objetivo de promover a digitalização das atividades industriais, melhorando os processos e elevando a produtividade”*.

FIGURA 7 - Indústria 4.0



Fonte: Livro Indústria 4.0, Conceitos e Fundamentos

Contudo, esse é um conceito que ainda gera dúvidas, principalmente no que diz respeito aos limites de divisão entre a 3ª e a 4ª fase da Revolução Industrial. De acordo com especialistas, a principal diferença entre os dois conceitos se baseia na automação das máquinas presentes na Indústria 4.0, enquanto na 3ª Revolução Industrial observa-se apenas o nível de automatização de máquinas (AUDACES, 2021). Conceitualmente, essas duas palavras se diferem pelo fato de

automatização se referir apenas a automatizar processos com o objetivo de auxiliar o esforço humano em trabalhos repetitivos. A automação, por outro lado, significa adicionar inteligência às tarefas automatizadas, por meio da qual o sistema consegue avaliar o próprio desempenho e tomar decisões a partir disso. Essa evolução de inteligência artificial (IA) característica da quarta fase possibilitou a integração completa de todos os setores e dos sistemas cyber-físicos, diferenciando os processos produtivos da Indústria 4.0 daqueles executados anteriormente.

### 2.2.1 Tecnologias

De acordo com o relatório do Boston Consulting Group (BGC) realizado em 2015, a Indústria 4.0 avança a partir de 9 frentes tecnológicas principais apresentadas na figura 2.8. A seguir, apresenta-se mais profundamente cada uma dessas frentes e como elas contribuem para essa nova fase da Revolução Industrial.

FIGURA 8 - Os nove pilares da Indústria 4.0



Fonte: WEG

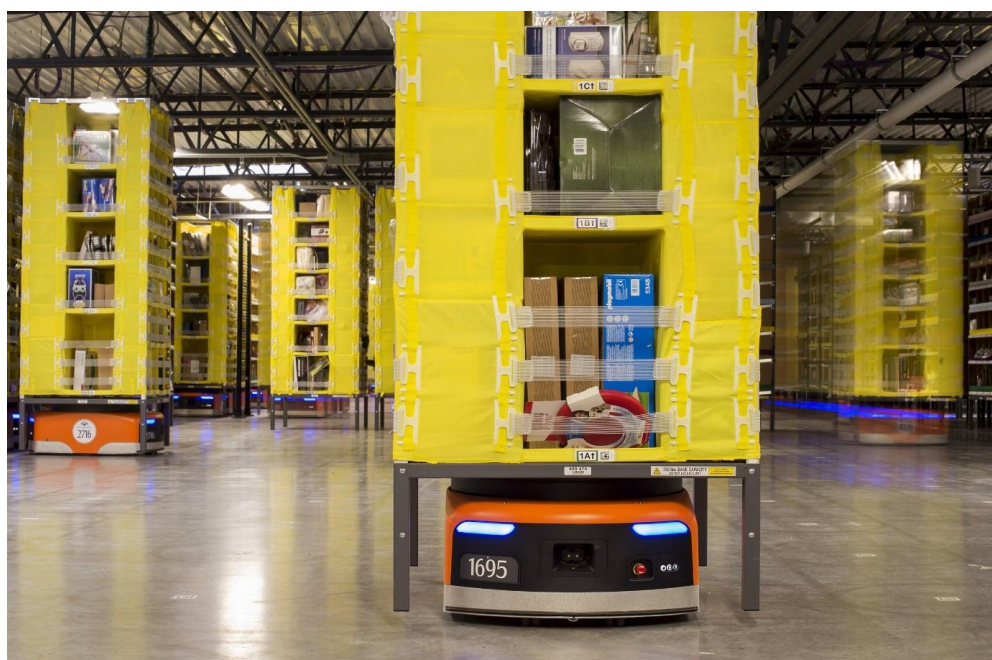


### 2.2.1.1 Robôs autônomos

A primeira frente de evolução da Indústria 4.0 são os robôs autônomos. Essa tecnologia é constituída por mecanismos capazes de reunir informações sobre o ambiente em que se encontram, de trabalhar sem necessidade de ação humana e, com isso, tomar decisões a partir de situações específicas, como situações de risco, por exemplo. Além disso, os robôs autônomos conseguem se locomover por conta própria e, com isso, realizar tarefas com alto grau de autonomia (INDUSTRIAL, 2019).

Um dos casos mais famosos de aplicação dessa tecnologia, são os armazéns da empresa AMAZON nos Estados Unidos. Através de sensores, os robôs presentes nesses armazéns possuem a capacidade de identificar obstáculos e, assim, frear e desviar de objetos ou pessoas no caminho. Como consequência, não há necessidade de alterações no layout da fábrica para a adoção dos robôs. Ao adotar essa tecnologia, a AMAZON observou aumento de produtividade e de eficiência de toda a cadeia logística da empresa (SANTINI, 2018).

FIGURA 9 - Robôs autônomos em armazém da Amazon



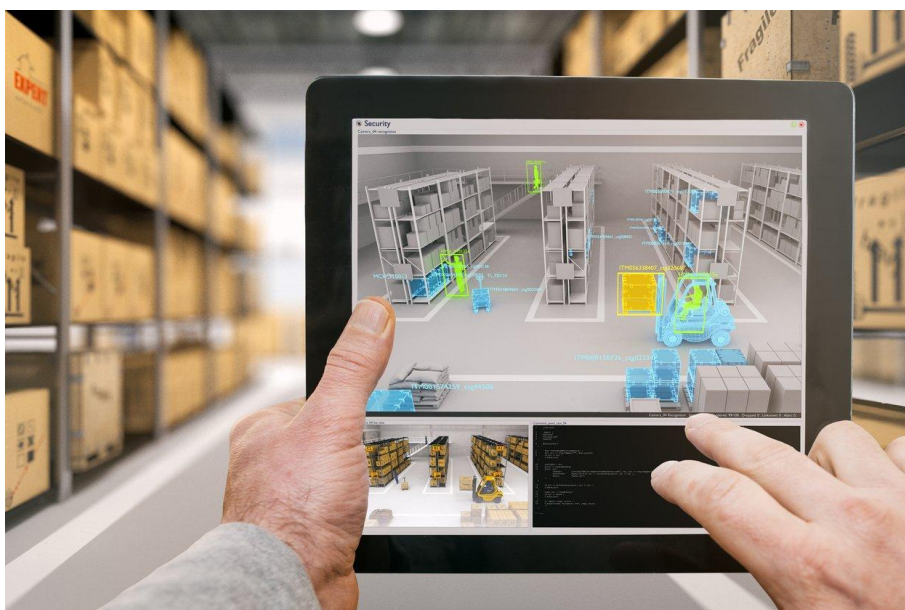
Fonte: Tecmundo



reduzir erros durante todo o processo produtivo. Não obstante, essa também é uma tecnologia cada vez mais aplicada nas unidades produtivas que adotam iniciativas comuns na 4ª Revolução Industrial.

Atualmente, a simulação é utilizada para auxiliar na tomada de decisão, principalmente quando há envolvimento de sistemas de grande complexidade ou que não admitem erros como, por exemplo, hospitais. Isso porque, nesses sistemas, qualquer alteração acarreta custos enormes. Além disso, a simulação também pode ser utilizada no desenvolvimento de tecnologias e sistemas que ainda não existem e precisam ser postos a testes. Nesse sentido, a grande vantagem da simulação é que, através dos resultados, é possível verificar diferentes versões do mesmo sistema sem fazer qualquer alteração física e, com isso, otimizar a escolha de configuração e caminhos de melhoria (FLEXSIM BRASIL, 2019).

FIGURA 11 - Simulação Digital



Fonte: SENAI RS

#### 2.2.1.4 Realidade aumentada

Através da projeção de cenários virtuais sobre o mundo físico, a utilização de tecnologia de realidade aumentada (RA) permite a integração em tempo real entre a realidade e as informações obtidas através da integração de dados provenientes de sistemas industriais, GPS, câmeras de vídeo e internet. No setor industrial, essa nova tecnologia possibilita o

acompanhamento virtual da operação e da produção, além de contribuir com a segurança operacional e identificar manutenções necessárias no ambiente de produção. Por fim, os treinamentos e capacitações realizados com suporte de RA permitem a simulação dos processos industriais de fabricação e do funcionamento de máquinas, o que oferece como principal vantagem a possibilidade de interatividade com o sistema (PAIOLA, 2019).

FIGURA 12 - Realidade Aumentada



Fonte: Comschool

### 2.2.1.5 Segurança cibernética

Com o surgimento da conexão em rede, surgiram também os problemas de roubo de dados em rede, o que não acontecia antes visto que os dados eram armazenados apenas localmente e nos dispositivos da própria unidade industrial. Com isso, conforme houve o aumento de conectividade, evoluiu também a quantidade de protocolos utilizados no ambiente da Indústria 4.0 focados em segurança. O objetivo dessa frente tecnológica da 4ª Revolução Industrial é garantir a proteção de dados contra ataques cibernéticos a sistemas industriais críticos e a linhas de produção (VENTURELLI, 2021). Nesse sentido, é necessário que os planos de cibersegurança contemplem os mais diferentes cenários que podem ocorrer em um ambiente



industrial, o que resultou em diversas maneiras de aumentar a proteção dos dados. Dentre elas, as políticas de segurança interna, os controles de acesso, a assinatura digital, o isolamento de conexão e o monitoramento periódico das redes, todos amplamente adotados em diversos setores industriais (SENIOR, 2020).

FIGURA 13 - Segurança Cibernética



Fonte: Ministério das Comunicações

#### **2.2.1.6 Integração de sistemas**

A sexta frente tecnológica presente na 4ª Revolução Industrial é a frente de integração entre sistemas, especialmente sistemas de produção. Essa integração acontece tanto de modo vertical quanto horizontal e é um dos principais pilares que sustenta a evolução tecnológica característica da Indústria 4.0. O conceito de integração de sistemas sintetiza a ideia de conectar, de forma automatizada, os processos da indústria. Isso inclui tanto processos internos, como a cadeia produtiva, quanto externos, como a logística de distribuição dessa produção. A partir disso, é possível aumentar a coesão entre empresa, departamentos, funções e recursos através do fluxo de dados integrados, criando cadeias de valor automatizadas.

Nesse contexto, a integração horizontal faz referência à digitalização em toda a cadeia de valor. Ou seja, esse tipo de integração se refere à necessidade de troca de dados e de sistemas de informação conectados entre os envolvidos na mesma cadeia de produção. A integração vertical, por sua vez, tem como objetivo unir todas as camadas lógicas dentro da organização, desde o chão de fábrica até o centro executivo, passando por áreas como qualidade, gerenciamento de

produto, TI, vendas, marketing e demais departamentos existentes na empresa (HUB I4.0, 2018).

FIGURA 14 - Integração de Sistemas



Fonte: Portal Engenharia 4.0

### 2.2.1.7 Computação em nuvem

De acordo com a Amazon, a maior provedora de armazenamento em nuvem do mundo, a computação em nuvem é um modelo que “*armazena dados na internet por meio de um provedor de computação na nuvem, que gerencia e opera o armazenamento físico de dados como serviço*” (SIGGA, 2018). Por garantir o acesso à informação e dados de forma fácil de qualquer parte do mundo em que haja conexão com a internet, a computação em nuvem se tornou fundamental para os avanços tecnológicos característicos da Indústria 4.0. Essa facilidade de acesso garante o controle multilocal do processo produtivo ou de qualquer outro processo necessário dentro das unidades produtivas (SACOMANO; SÁTYRO; 2018).

FIGURA 15 - Computação em Nuvem

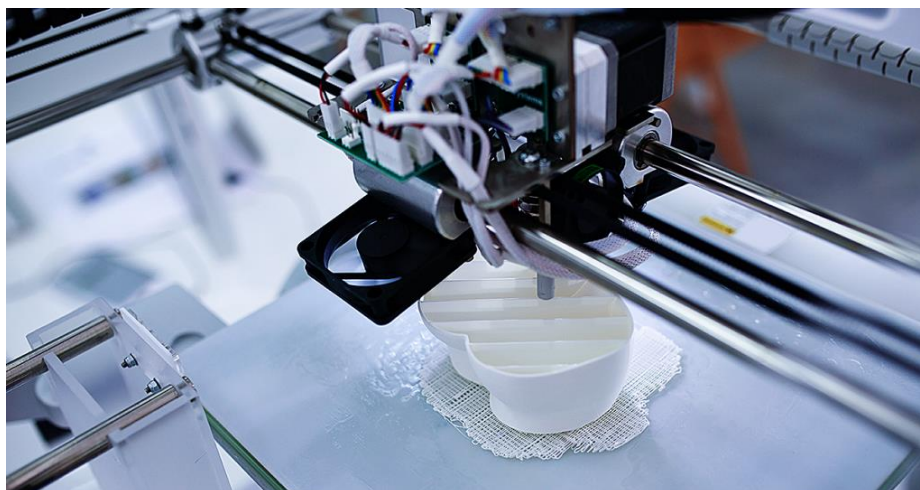


Fonte: Datarain

### 2.2.1.8 Manufatura aditiva

Mais conhecida como “impressão 3D”, a manufatura aditiva permite produzir e criar peças a partir de um modelo digital. Para isso, esse modelo digital é transformado em um objeto tridimensional à medida que camada por camada da matéria-prima é adicionada a esse objeto (LABRA, 2020). Nos últimos anos, com o avanço dessa frente tecnológica, muitas empresas começaram a expandir processos de manufatura aditiva para além da prototipagem de produtos e produção de componentes individuais, por onde o uso foi iniciado. Ainda nessa linha, na Indústria 4.0, métodos como o de impressão 3D são utilizados para produzir pequenos lotes de produtos customizados, uma vez que conseguem garantir o padrão de qualidade sem comprometer os custos associados a esse tipo de projeto complexo.

FIGURA 16 - Impressão 3D



Fonte: Maha3d

### 2.2.1.9 Big data e data analytics

A última frente tecnológica da Indústria 4.0 abordada neste trabalho é a frente de Big Data e Data Analytics. Essa tecnologia diz respeito à coleta, processamento e análise de dados provenientes de fontes diversas. Cada vez mais, esse tipo de dado se torna padrão e necessário no apoio à tomada de decisões em tempo real, não só na indústria, mas em diversos segmentos da sociedade.

Nesse sentido, Big Data é o nome atribuído a um alto volume de dados que necessita de ferramentas e tecnologias específicas para que seja coletado, tratado e analisado de forma adequada. A partir dessa tecnologia, uma fábrica pode, por exemplo, coletar dados de todas as máquinas em operação, robôs e operadores presentes na planta industrial, além de unir isso com dados provenientes de transações comerciais com varejo e vendas com o objetivo de transformar esse compilado numérico em informações valiosas para o negócio (KOIKE, 2018). Por outro lado, Data Analytics, é o processo de analisar os dados armazenados no Big Data de forma minuciosa e detalhista, com o objetivo de extrair informações decisivas e úteis para a tomada de decisões (SILVA, 2021).

Por fim, ainda sobre Big Data e Data Analytics, um estudo da PwC realizado em 2016, apontou que 35% das empresas que já operam no modelo de indústria 4.0 esperam ganhos acima de 20% nos negócios nos próximos 5 anos. Para alcançar esse patamar de operação, 72% do setor acredita que as tecnologias de Big Data e de análise de dados possuem grande potencial para melhorar as relações com os clientes e, por consequência, elevar os lucros obtidos.

FIGURA 17 - Big Data e Data Analytics



Fonte: Ideal Marketing



### 2.2.2 Impactos

De acordo com dados levantados pelo Fórum Econômico Mundial em 2018, quase um quarto (24,3%) do PIB global virá de tecnologias digitais como Inteligência Artificial e computação em nuvem até 2025. Nesse cenário, essas tecnologias serão responsáveis por gerar até 3,7 trilhões de dólares para a economia global anualmente. Nessa mesma linha, segundo pesquisas da Accenture em 2017, esse valor tende a crescer exponencialmente ao longo dos anos e pode chegar ao patamar de US\$ 14,2 trilhões até o ano de 2030. Não obstante, cada vez mais empresas têm investido em tecnologias da indústria 4.0 com foco em aumentar ganhos na produção através de redução de erros e aumento na garantia de qualidade dos produtos (AGRAWAL et al, 2021). Além disso, esses avanços também permitem o rígido controle de informações em todos os processos de produção, o que facilita a tomada de decisão e, conseqüentemente, a redução de custos e o aumento de receitas. Além de todos os benefícios acima citados, esse cenário também traz vantagens operacionais para as fábricas e eleva a competitividade das empresas perante o mercado (ANTÔNIO, 2018).

Apesar desse cenário, ainda verifica-se no mercado em geral a existência de diversos medos e receios no que diz respeito a essa fase de acelerada evolução do quadro tecnológico industrial. Esses medos partem, principalmente, da garantia de segurança de dados e informações, mas também envolvem temas como a utilização de IA em golpes e guerras comerciais e a disseminação de notícias falsas - ou *fake news*. Além disso, há grande preocupação com o possível e provável impacto negativo das evoluções decorrentes da Quarta Revolução Industrial no mercado de trabalho. Nesse sentido, Sacomano e Sátyro (2018) defende no livro "Indústria 4.0: Conceitos e Fundamentos" a seguinte ideia:

*“No contexto atual, a velocidade das mudanças, as expectativas, os benefícios tecnológicos e o paradoxo da possível substituição massiva da mão de obra humana por máquinas e robôs associado ao fantasma do desemprego, trazem novas perspectivas e também incertezas e desafios para a sociedade.”*

Em suma, observa-se que os impactos do avanço das frentes tecnológicas das Indústria 4.0 são amplos e transformadores. Dessa forma, compreender esse contexto e os desdobramentos positivos e negativos desse cenário é fundamental para entender o próprio avanço da indústria global atualmente.

### 2.2.3 Desafios

Afonso Acauan, em 2019, afirma que existem 5 desafios principais na evolução das tecnologias da Indústria 4.0. O primeiro deles é a segurança de dados, que envolve tanto a vulnerabilidade de informações já comentada anteriormente quanto às mudanças de legislação que ocorreram através da criação da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) em vigor a partir de agosto de 2021. Um segundo desafio diz respeito à velocidade de mudança ocasionada pelas evoluções tecnológicas, que tem como consequência o aumento da escassez de mão de obra capacitada e qualificada na mesma proporção que o mercado exige. Esse cenário é observado, por exemplo, na disputa por profissionais programadores no mercado de recrutamento atual. Além disso, a velocidade de mudança também provoca a rápida obsolescência de tecnologias, que rapidamente passam a ser desatualizadas ou ultrapassadas e, com isso, dificultam e até impedem a manutenção da conexão entre sistemas.

Ainda no que diz respeito aos 5 desafios provocados pela 4ª Revolução Industrial citados por Afonso Acauan em 2019, o terceiro ponto são as Tecnologias legadas. Em um contexto de aceleração da inovação e criação de tecnologia a interação entre diferentes tecnologias é essencial, contudo tecnologias desatualizadas podem se tornar barreiras operacionais tornando a possibilidade de inovar acaba se tornando limitada. Como quarto desafio, tem-se a inteligência artificial, que torna-se um desafio devido a sua alta complexidade e grau de dificuldade que, consequentemente, acarreta alto volume de investimento para que seja desenvolvida e aplicada. Por fim, o quinto e último desafio diz respeito à conectividade, ou seja, a integração de sistemas e compartilhamento de dados, o que permitiria que de fato toda a transformação digital fosse possível.

Quando analisamos o cenário brasileiro, a Indústria 4.0 ainda se encontra na fase inicial e há poucos estudos sobre o assunto na literatura. De acordo com a pesquisa realizada pela Fiesp em parceria com o Senai-SP em 2018, cerca de 30% dos entrevistados nunca havia ouvido falar sobre a quarta revolução industrial, ainda que esse conceito esteja crescendo e sendo visto como oportunidade globalmente (DIAS, 2021). Baseado em pontos de flexibilidade das leis trabalhistas, habilidades para atividades de alto nível, educação voltada à inovação e tecnologia, infraestrutura adequada, proteção legal e impactos gerais, o estudo classifica o Brasil como o número 43º dentre 45 países analisados em relação ao seu potencial de aproveitamento das mudanças trazidas pelo desenvolvimento da indústria 4.0 (SACOMANO; SÁTYRO; 2018). Assim, trata-se de um cenário que ainda oferece diversos desafios no contexto nacional.

## 2.3 INDÚSTRIA 4.0 NA CONSTRUÇÃO CIVIL

### 2.3.1 Contexto

Quando consideramos a realidade da construção civil, nota-se que esse é um segmento cada vez mais beneficiado pela tecnologia e pela interação entre o mundo real e o virtual, ambos pontos característicos do advento da Indústria 4.0 (PACHECO, 2021). Indo além, todas essas novas tecnologias são uma resposta à cultura de dados, à demanda por infraestrutura inteligente e a uma gestão eficiente de recursos que se iniciaram com essa nova fase da Revolução Industrial. Nesse contexto, de acordo com o Instituto Global Mckinsey (2016), o mundo ainda irá investir 57 trilhões de dólares no setor de construção civil até 2030. Ainda assim, no que diz respeito à digitalização e utilização de tecnologias, esse setor é bastante atrasado quando comparado a outros setores econômicos, conforme ilustra a figura 3.1.

FIGURA 18 - Nível de digitalização dos setores da economia



Fonte: (RIBEIRO, 2019, p. 28)

Dado esse cenário, pode-se observar que a digitalização e a adaptação a novas tecnologias na construção civil tem sido um processo lento. Nesse sentido, um dos principais desafios é adotar tecnologias que exijam investimento inicial, ainda que os benefícios de longo prazo sejam significativos para o mercado. Não obstante, estudos sobre o contexto da construção civil apontam que o segmento investe apenas 1% da receita financeira em fins de pesquisa e desenvolvimento contra percentuais de 3,5% a 4,5% observados no setor automotivo, por exemplo (AGARWAL, CHANDRASEKARAN e SRIDHAR, 2016).

Seguindo a mesma linha de trabalho ao analisar o contexto nacional, o estudo global intitulado “Transformação Digital: O Futuro da Construção Conectada” realizado pela AutoDesk (2020) mostra o Brasil em última posição no ranking de países que mais investem em tecnologia na construção civil. Esse mesmo estudo também aponta que o mercado brasileiro é o mercado com o menor nível de maturidade no que diz respeito a adoção dessas tecnologias quando comparado com os outros 12 países analisados pela pesquisa. Por outro lado, também observa-se indícios de crescimento e evolução no setor nos últimos anos. Isso devido, principalmente, ao investimento da iniciativa privada em fins de tecnologia na construção civil e à utilização de tecnologia BIM nesse mercado (AUTODESK, 2020).

De forma geral, sabe-se que a indústria 4.0 oferece diversos benefícios quando suas tecnologias são aplicadas na construção civil. Contudo, sabe-se também que ainda há um longo caminho de modernização do setor para que esses benefícios sejam alcançados. Pensando nisso, nas seções a seguir, serão abordadas as sete principais tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas à construção civil bem como os benefícios obtidos a partir da aplicação de cada uma delas e, sem seguida, vantagens e desafios característicos desse contexto.

## **2.3.2 Tecnologias**

### **3.3.2.1 Software BIM**

Atualmente existem diversas definições para o termo BIM. Porém, de acordo com o livro BIM Handbook de Chuck Eastman, publicado em 2011, o termo faz referência a “uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção”. Sendo assim, o BIM é uma tecnologia que, além de expor a geometria dos elementos que compõem o projeto, também age como um banco de dados para o negócio e, conseqüentemente, permite a integração e a interconexão dos elementos da obra.

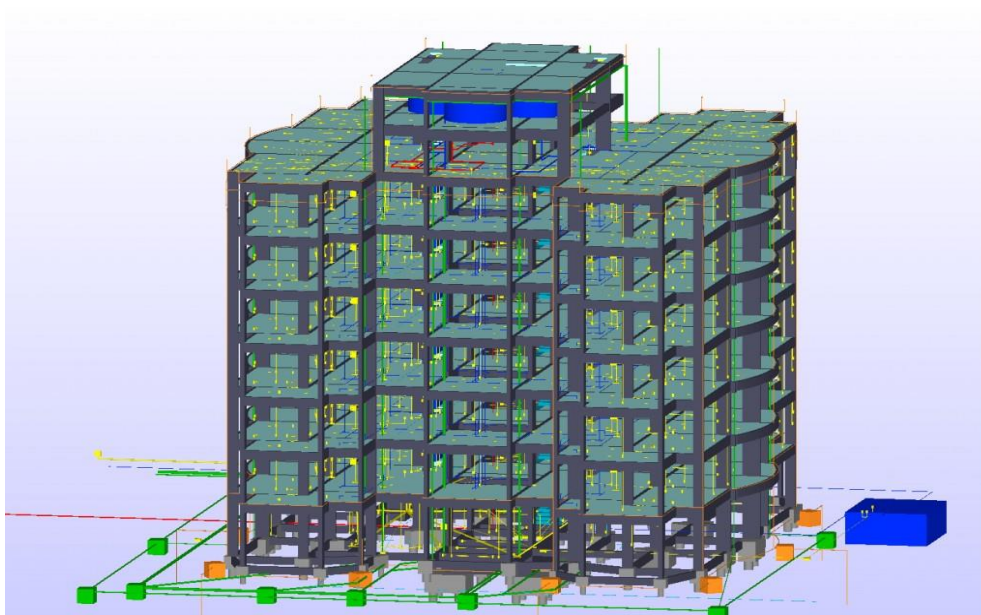
Com isso, essa tecnologia possibilita a alteração do projeto com visualização instantânea dos efeitos dessas mudanças. Indo além, o BIM oferece um modelo tridimensional capaz de gerenciar o ciclo de vida do projeto e ajudar a facilitar e a diminuir conflitos nas etapas de projeto e execução da obra (FLORIO, 2007). Ainda sobre o BIM, é importante ressaltar que essa tecnologia não é um software, mas sim um sistema baseado em processos de criação e planejamento de projetos que permite a colaboração de diferentes profissionais através da inserção de informações e da edição e criação de modelos e de relatórios conectados.

FIGURA 19 - Fluxo BIM



Fonte: Integrate Engenharia

FIGURA 20 - Projeto BIM



Fonte: Mais Engenharia

### 3.3.2.2 Impressão 3D

A impressão 3D é uma forma de fabricação aditiva na qual um modelo 3D de um objeto é gerado por camadas sobrepostas sucessivamente e ordenadas de acordo com um modelo digital (YOSSEF, 2015). O uso dessa tecnologia na construção civil tem como objetivo reduzir o retrabalho em obras e consequentes desperdícios. Isso porque a impressão 3D oferece elevada precisão na confecção de itens para construção e no consumo de materiais e energia. Além disso, essa tecnologia ocasiona redução de custos com transporte de pessoas, material e equipamentos (PORTO, 2016). Contudo, quando temos em conta o contexto brasileiro, sabe-se que o uso dessa tecnologia ainda é bastante recente e se restringe a maquetes arquitetônicas ou estruturais (PAIM, ALMEIDA, 2018).

FIGURA 21 - Impressora 3D



Fonte: Saletto

### 3.3.2.3 Drones

De acordo com o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e com a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), os drones - também chamados de veículos aéreos não tripulados (VANT) - são qualquer aeronave que não necessita de piloto, que podem ou não serem controladas remotamente e que não possuem caráter recreativo. Quando considera-se o uso dessa tecnologia da Indústria 4.0 na construção civil, os drones têm auxiliado na visualização de projetos em execução com precisão, nitidez e por diferentes ângulos a partir de imagens reais e não digitais. Com isso, essa tecnologia auxilia, não só durante a execução da obra, mas também em fins técnicos, como inspeções ou levantamentos topográficos, e em fins comerciais, tanto para vendas de novas edificações quanto na confecção de materiais publicitários (LIMA, 2019).



FIGURA 22 - Demarcação de Terrenos via Drone



Fonte: Compre Rural

De acordo com o estudo da DroneBase, realizado em 2019, só no setor de construção civil já observa-se o crescimento de 239% na utilização de drones nos últimos anos. Esse crescimento se deve, principalmente, ao aumento dos padrões de segurança aplicados a essa tecnologia e à eficiência que ela proporciona na execução de obras. Além disso, de acordo com o mesmo estudo, empresas que implementam os VANT relatam melhoria geral de 65% na comunicação e colaboração nas obras e redução de 53% no tempo gasto para construção de *insights* a partir de dados coletados.

#### 3.3.2.4 Realidade aumentada

Assim como na indústria 4.0 como um todo, a tecnologia de realidade aumentada também é extremamente importante nessa nova era da construção civil. Nesse sentido, o uso de RA tem como objetivo trazer para a experiência do mundo real o mundo virtual. Isso acontece a partir do momento que mantém-se o usuário no ambiente físico, mas através de RA, projeta-



o para o mundo de realidade virtual (TORI, KIRNER, SISCOOTTO, 2006). Ou seja, essa tecnologia permite a visualização de projetos a partir de RA e, com isso, aumenta a eficiência na troca de informação entre os projetos, os projetistas e os clientes. Além disso, a RA também auxilia os profissionais da construção civil a identificar possíveis erros no projeto antes mesmo dele ser executado, o que acarreta redução de custos e de atrasos na entrega de empreendimentos (JUNQUEIRA, 2021).

FIGURA 23 - Visualização de Planta Baixa através de realidade aumentada



Fonte: UFSC

#### 3.3.2.5 ERP

A quinta tecnologia da Indústria 4.0 na construção são os ERP, uma sigla para a expressão em inglês *enterprise resource planning*. Em português, o termo significa planejamento de recursos empresariais ou sistema integrado de gestão empresarial. De forma geral, essa tecnologia representa um sistema constituído por diferentes pacotes que são integrados e interligados entre si e utilizam um único banco de dados com atualização em tempo real. De acordo com Corrêa (2011), o objetivo dos ERP é dar suporte a grande parte dos setores de uma empresa, como as áreas de recursos humanos (RH), o financeiro e o setor de operações, por exemplo, conforme indica a Figura 3.7.

FIGURA 24 - Processos gerenciáveis em um sistema ERP



Fonte: Noticias Tecnologia

Dessa forma, o sistema ERP é capaz de organizar e facilitar a gestão de empresas, gerando integração em diferentes âmbitos organizacionais. Por ser um setor complexo, a construção civil demanda de sistemas que facilitem a gestão de todas as informações e detalhes envolvidos no negócio. Com isso, ter um sistema ERP implantado permite às empresas do setor diminuir o tempo de desenvolvimento de planejamentos e tornar mais acessível as informações e os relatórios. Isso acontece a partir da integração de diferentes áreas do negócio, o que permite comunicação e conexão entre a obra e o gerenciamento no escritório (BEDIN, 2021).

### 3.3.2.6 Big data e data analytics

Outra tecnologia amplamente aplicada na construção civil e também apontada como uma das principais frentes tecnológicas da Indústria 4.0 é a tecnologia de big data e, consequentemente, data analytics. Como dito anteriormente neste trabalho, o uso desse formato de dados permite a análise de uma grande quantidade de informação com alta qualidade e através de um sistema único, o que fez com que essa se tornasse uma das opções preferidas de investimento em digitalização pelas empresas. Na construção civil, não é diferente. Por isso,

big data tem se tornado uma ponte entre quem quer vender e quem quer comprar produtos, facilitando a compreensão das necessidades e demandas dos clientes desse setor (VASCONCELOS, 2021).

Nesse cenário, apesar da implementação de big data no dia a dia empresarial exigir treinamento da equipe e investimento financeiro, essa tecnologia também faz diferença na tomada de decisões com foco no sucesso do negócio. Sendo assim, big data e data analytics, em conjunto, permitem aos usuários estipular impactos no orçamento ou no tempo de conclusão de obras que venham a ocorrer a partir de mudanças no projeto ou no planejamento. Com isso, os gestores podem simular cenários adversos e otimizar a tomada de decisão, dentre outras situações em que o uso dessa tecnologia impacta positivamente a construção civil (TARDELLI, 2021).

#### 3.3.2.7 Elementos pré-fabricados e pré-moldados

A última tecnologia oriunda da quarta fase da Revolução Industrial abordada neste trabalho é a tecnologia de elementos pré-fabricados, que está presente, principalmente, em instalações industriais. Esses módulos de construção são confeccionados sob condições rigorosas de controle de qualidade e, quando prontos, são transportados diretamente para as obras para serem montados, o que caracteriza o seu nome de elementos pré-fabricados. Além deles, existem também elementos pré-moldados, cuja diferença é que, apesar de serem feitos fora do seu local de utilização definitiva, podem ser moldados em outro lugar já dentro do canteiro de obras (SIRTOLI, 2021).

FIGURA 25 - Construção Modular



Fonte: SIENGE

Os benefícios dessa tecnologia consistem no fato de que a construção modular é capaz de aliar diversos pontos importantes para a otimização das obras, como velocidade de trabalho, qualidade de execução, organização do canteiro e eficiência estrutural. Trata-se, portanto, de um método de construir viável sob o ponto de vista técnico e econômico. No cenário atual, as estruturas pré-fabricadas de concreto são utilizadas principalmente na construção de galpões (estruturas aporcadas) e edifícios multipavimentos (esqueletos). Porém, com o avanço da tecnologia, as estruturas mistas (ou híbridas), que contém partes feitas a partir de elementos e partes não, vêm sendo cada vez mais comuns em empreendimentos, criando novas soluções e opções de métodos de construção (NAKAMURA, 2019)

### 2.3.3 Vantagens

Para que uma construção possua um melhor desempenho, tanto do ponto de vista estrutural quanto gerencial, é necessário que haja a digitalização e a implementação de processos e serviços da Indústria 4.0 (OVIEDO-HAITO, MORATTI, CARDOSO, 2019). Dessa forma, a aplicação de tecnologias advindas da 4ª Revolução Industrial podem proporcionar os seguintes benefícios para empresas do setor: diminuição de custos, aumento da velocidade de execução, melhora da qualidade da obra, colaboração e comunicação entre setores e áreas do projeto, melhora da relação com o cliente e segurança na execução da construção dos empreendimentos (OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016). Não obstante, as

empresas que implementarem a indústria 4.0 com sucesso poderão obter ganhos simultâneos de eficiência, receita e custos, sem ter que optar por apenas um deles.

### 2.3.4 Desafios

Para concluir o levantamento sobre a Indústria 4.0 na construção civil é importante destacar os desafios da aplicação dessas tecnologias no mercado atual. Nesse sentido, o estudo de 2016 realizado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) identificou a necessidade de que as empresas da construção civil incorporem inovações tecnológicas ao segmento. Na mesma linha, a Firjan - organização privada e sem fins lucrativos do estado do Rio de Janeiro - apontou em um estudo de 2013 que o principal desafio para a construção civil não é ter acesso às tecnologias da Indústria 4.0, mas sim incorporar essas tecnologias ao sistema produtivo das construtoras. Com base nisso, esse mesmo estudo cita os três principais desafios nesse sentido:

1. Percepção das construtoras de que são necessários altos investimentos financeiros para conseguir implementar tecnologias na construção;
2. Existência de dificuldades técnicas e conhecimento prático para implementação, além dos desafios em gestão e planejamento, como integração entre setores e áreas.
3. Baixa valorização do profissional da construção civil, o que impede a geração de mão de obra mais especializada, através de treinamentos e capacitações.

### **3. METODOLOGIA DA PESQUISA**

Para apresentar a metodologia deste trabalho, este capítulo é dividido em 2 partes. A primeira fala sobre a estrutura da pesquisa e a definição dela, quanto a segunda parte descreve o detalhamento prático da aplicação da metodologia em todas as suas etapas de trabalho.

#### **3.1 ESTRUTURA DA METODOLOGIA**

Para a construção da metodologia do presente trabalho, optou-se por utilizar como referência a proposta metodológica apresentada por Gil (2002). Segundo o autor, a pesquisa científica pode ser classificada a partir de dois critérios: objetivos gerais e procedimentos técnicos. Esses dois pontos são descritos a seguir.

##### **3.1.1. Quanto ao Objetivo Geral**

Em relação ao objetivo geral da pesquisa, o presente estudo é classificado como uma pesquisa descritiva. Isso porque há o objetivo de mapear e expor características das construtoras de Santa Maria em relação à aplicação de tecnologias advindas da indústria 4.0. Por consequência, espera-se conseguir estabelecer relações entre os dados e as informações obtidas a fim de descrever o contexto municipal em relação ao assunto. Ainda de acordo com Gil (2002), *“as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis”*, conforme objetiva-se com esse estudo.

##### **3.1.2. Quanto aos procedimentos técnicos**

No que diz respeito à classificação em relação aos procedimentos técnicos, neste estudo são utilizadas técnicas de pesquisa bibliográfica e levantamento. A técnica de pesquisa bibliográfica é aplicada para compreender a literatura prévia existente sobre o assunto com o objetivo de fundamentar todo o arcabouço metodológico do estudo, além de servir como guia de orientação e garantir o desenvolvimento da pesquisa de acordo com livros e artigos científicos, dentre outras fontes. Além disso, trata-se de uma pesquisa de levantamento por que

foi realizada uma “*interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer*” (GIL, 2002, p.51) através da aplicação de entrevistas com responsáveis pelas construtoras de Santa Maria - RS.

## 3.2 METODOLOGIA APLICADA

### 3.2.1 Planejamento da Implementação da Metodologia

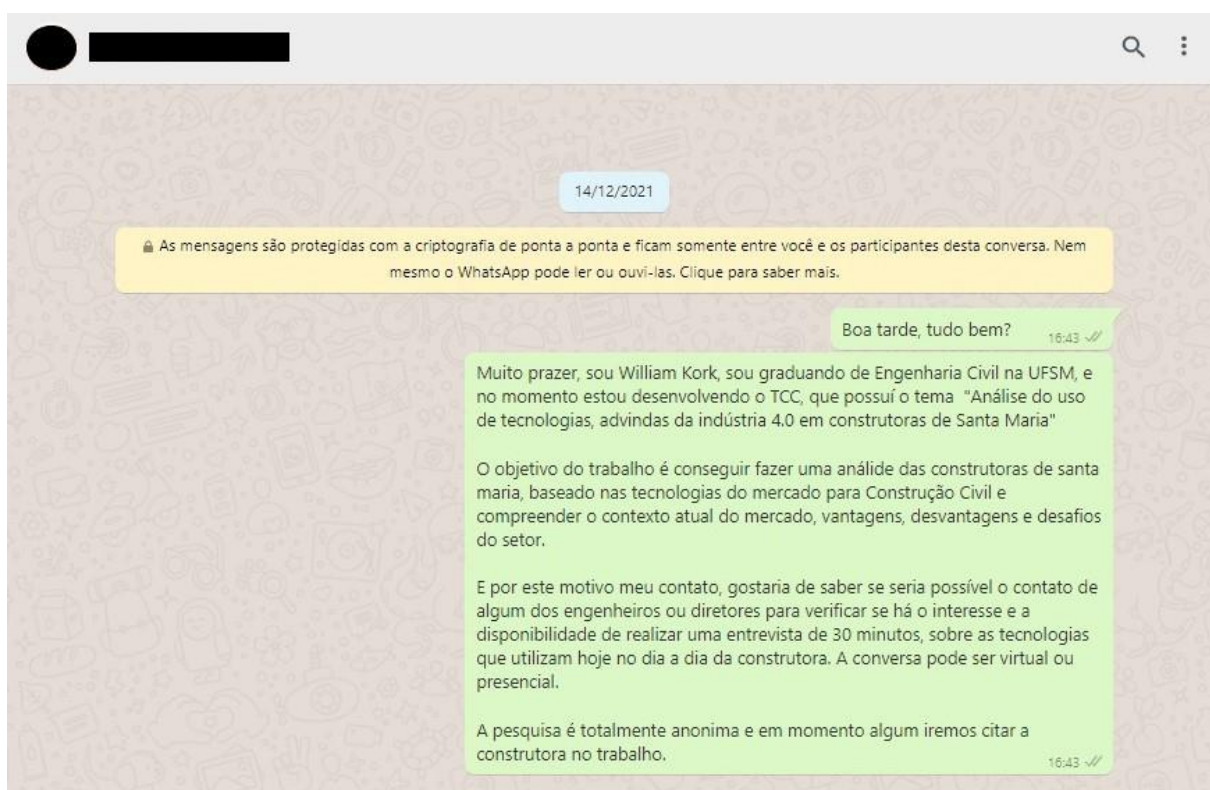
Nesse momento, a partir do referencial teórico e toda a pesquisa realizada, foram definidos os meios de aplicação da metodologia e também as perguntas a serem realizadas durante a entrevista. As perguntas foram divididas em 3 blocos, “Perfil da Empresa”, a fim de compreender as características e o perfil da empresa, como tamanho, tempo de mercado, o segundo bloco foi “Uso de Tecnologias”, baseado nas tecnologias citadas no referencial teórico, impactos dessas tecnologias, desafios de implementação e a aplicação de treinamentos, além disso, também foi questionado os efeitos da contexto atual relacionado à Pandemia COVID-19 no setor tecnológico da empresa, e por fim, “Tendências”, a fim de compreender se há planejamentos e perspectivas de implementação de novas tecnologias no futuro pela construtora. Ao todo foram criadas 16 perguntas que se encontram no anexo 1.

### 3.2.3 Aplicação da Metodologia

O primeiro passo para a realização da pesquisa foi a construção do referencial bibliográfico que embasa este estudo. Com isso concluído e a metodologia de pesquisa definida, construiu-se um roteiro com 17 perguntas abertas acerca do cenário das construtoras de Santa Maria a serem realizadas ao longo das entrevistas. Em seguida, iniciou-se o processo de definição da amostra a ser entrevistada. Para isso, foi realizada uma pesquisa *online* através da plataforma do Google para buscar as principais construtoras do município. Nessa busca, utilizou-se as seguintes palavras-chave: “construtoras”, “Santa Maria” e “construção civil em Santa Maria”. Com as empresas identificadas, o próximo passo consistiu em uma análise das mídias digitais de cada uma das empresas (site institucional e perfis em redes sociais), bem como a identificação do endereço físico de cada construtora.

Ao final da busca, foi possível levantar um total de 29 empresas na cidade, assim como os respectivos contatos de cada um dos responsáveis por essas construtoras. Com isso, foi iniciada a fase de abordagem dos responsáveis através de ligação telefônica e envio de mensagens na plataforma WhatsApp, cujo objetivo foi apresentar a pesquisa em desenvolvimento, objetivos traçados e agendar a realização de uma entrevista, caso o responsável estivesse de acordo. A figura 3.9 mostra o discurso adotado para essas abordagens através do WhatsApp.

FIGURA 26 - Mensagens encaminhadas



Fonte: Autor

Dentre as 29 (vinte e nove) construtoras que foram contatadas, 17 (dezessete) não retornaram o contato via WhatsApp ou não atenderam a ligação realizada, 01 (uma) não apresentou interesse em participar da pesquisa, 02 (duas) responderam ao primeiro contato, porém não voltaram a retornar sobre o agendamento da entrevista e 09 (nove) de fato participaram da pesquisa até o final. Com isso, tem-se que do total de 29 (vinte e nove)



abordagens, apenas 31% dos responsáveis participaram das entrevistas. Ou seja, a amostra deste trabalho corresponde a 09 construtoras na cidade existentes atualmente em Santa Maria.

Com os agendamentos feitos, é de suma importância caracterizarmos os representantes dessas empresas. Nesse sentido, todas as entrevistas foram realizadas ou com os sócios-diretores das empresas ou com engenheiros civis contratados pela mesma. Sendo assim, em ambos os casos, os entrevistados eram agentes centrais em relação à tomada de decisão e uso de tecnologias na construção civil. Além disso, é importante citar que todas as entrevistas foram realizadas ao vivo, sendo 05 (cinco) delas presencialmente na sede da própria construtora e as outras 04 (quatro) realizadas virtualmente através da plataforma de conferência online Google Meets. O roteiro de entrevistas aplicado nas conversas está disponível no Anexo I. Por fim, após as entrevistas, todas as respostas foram computadas e redigidas em um documento final para análise e o nome dos entrevistados e suas respectivas empresas foram mantidas em sigilo, conforme alinhado com os participantes da amostra de entrevistados.

## **4. ANÁLISE DOS DADOS**

Assim como a metodologia, a análise dos resultados também foi dividida em 2 partes. Na primeira, adotou-se uma abordagem de análise quantitativa frente aos dados da pesquisa que foram gerados a partir do bloco de perguntas fechadas do roteiro de entrevista. Já na segunda parte, usou-se de análise qualitativa para analisar as respostas às perguntas abertas feitas aos entrevistados.

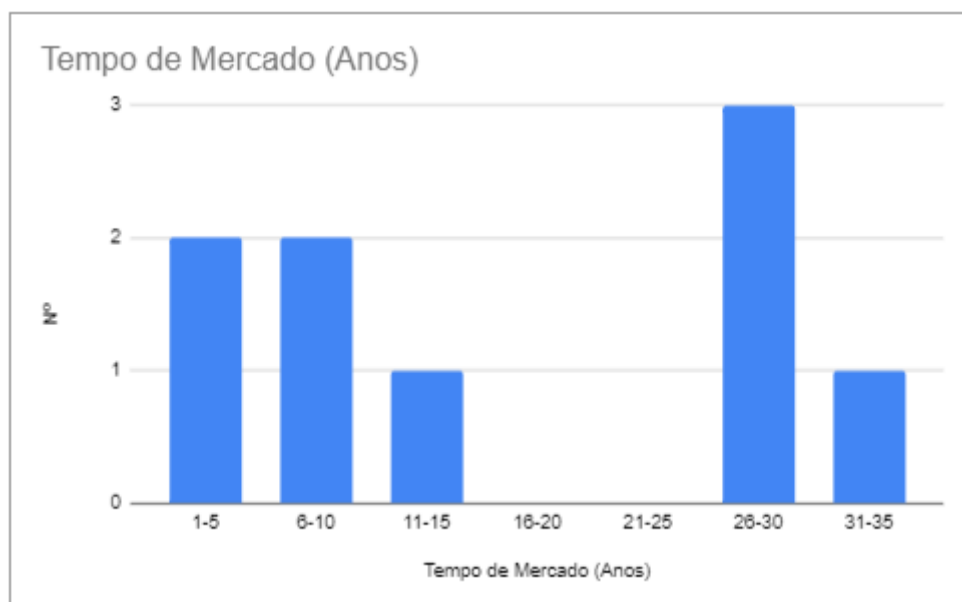
### **4.1 ANÁLISE QUANTITATIVA**

Como citado anteriormente, a análise quantitativa foi realizada a partir das respostas às perguntas objetivas feitas aos entrevistados. Essas perguntas foram construídas a partir de 3 tópicos principais: o perfil das empresas, o uso atual das tecnologias e a tendência das empresas em relação ao uso dessas tecnologias no futuro. Nas seções seguintes, os resultados relativos a cada um desses tópicos serão discutidos.

#### **4.1.1 Perfil das Empresas**

Como primeiro passo para a análise dos dados, é essencial caracterizar a amostra entrevistada neste estudo a partir do tamanho e do tempo de mercado de cada uma das construtoras analisadas. Na figura 4.1, nota-se que a amostra é dividida em empresas com maior tempo de mercado e empresas mais novas. Nesse quesito, 5 construtoras têm 15 anos ou menos de mercado, enquanto as outras 4 possuem 26 anos ou mais. Na média, a idade das construtoras foi de 17 anos de existência no mercado de construção civil de Santa Maria.

FIGURA 27 - Tempo de Mercado em anos das Empresas entrevistadas



Fonte: Autor

No que diz respeito ao porte dessas empresas, adotou-se a classificação de porte utilizada pelo IBGE, em que o número de colaboradores determina esse tamanho de acordo com as faixas apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 1 - Classificação de Porte por número de colaboradores

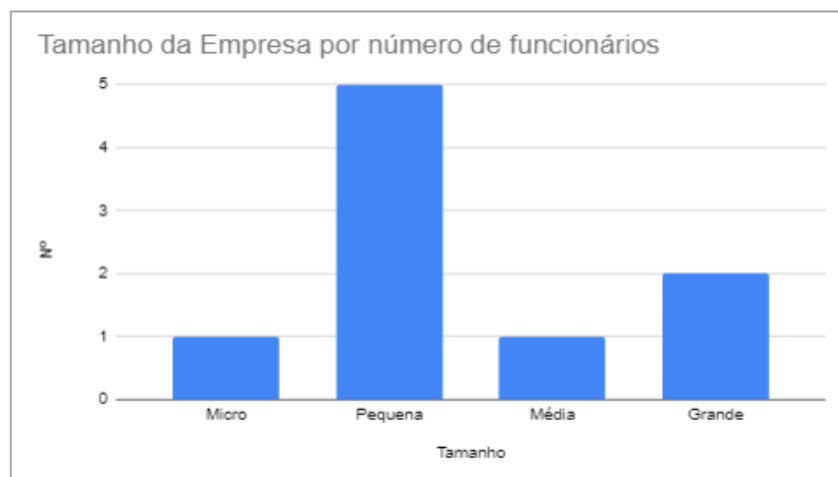
Porte	Nº Colaboradores
Microempresa	De 1 a 9;
Pequena Empresa	De 10 a 49;
Média Empresa	De 50 a 99;
Grande Empresa	Mais de 100.

Fonte: CONUBE

Com isso, conforme indicado na figura 4.2, tem-se que 55% das construtoras entrevistadas são de pequeno porte, enquanto apenas 22% delas são caracterizadas como organizações de grande porte. Contudo, é importante ressaltar que, para determinar o número de colaboradores de cada empresa, foram contabilizados apenas os funcionários que possuem

carteira assinada. Sendo assim, colaboradores terceirizados não foram considerados na análise. Esse fato é importante no que diz respeito à caracterização da amostra porque sabe-se que a terceirização de serviços e mão de obra na construção civil é uma prática comum e representativa no mercado.

FIGURA 28 - Tamanho das Empresas entrevistadas por número de funcionários



Fonte: Autor

Com isso, no que diz respeito à caracterização final da amostra analisada, é possível determinar um padrão médio de construtoras presentes neste estudo: empresas de pequeno porte que possuem 17 anos de mercado. Na tabela 4.2, são colocadas as respectivas informações para cada uma das 09 construtoras analisadas, além da média mencionada anteriormente.

Tabela 2 - Tempo de Mercado e Tamanho por construtora entrevistada

Construtora	Tempo de Mercado	Tamanho por número de Colaboradores
Construtora 1	30	Pequena
Construtora 2	26	Grande
Construtora 3	14	Média
Construtora 4	1	Micro
Construtora 5	10	Pequena
Construtora 6	32	Pequena

Construtora 7	10	Pequena
Construtora 8	28	Grande
Construtora 9	2	Pequena
Média	17	Pequena

Fonte: Autor

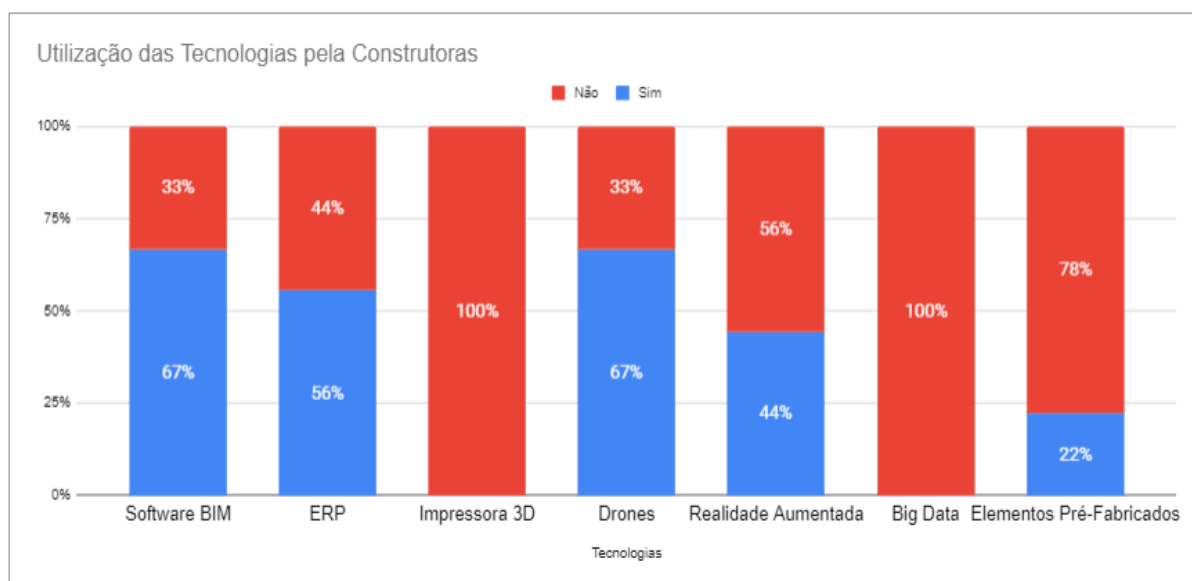
## 4.1.2 Uso de Tecnologias

### 4.1.2.1 Análise do uso de tecnologias

Para entender o uso de tecnologias da Indústria 4.0 por parte das construtoras da amostra, optou-se por perguntar de forma direta e objetiva quais das 07 (sete) tecnologias da construção civil introduzidas no referencial teórico eram utilizadas por elas. Com isso, a figura 4.3 apresenta a relação de utilização de cada uma dessas tecnologias pelas construtoras.

Pela figura 4.3, pode-se observar que existem tecnologias que ainda não são exploradas por nenhuma das empresas, como impressão 3D e big data. Outras, ainda que presentes, são pouco utilizadas no mercado de Santa Maria, como os elementos pré-fabricados, que estão presentes em apenas uma das 09 (nove) organizações analisadas. No geral, apenas as tecnologias de software BIM, drones e ERP possuem mais de 50% de adoção por parte das construtoras, sendo as duas primeiras utilizadas por 06 (seis) das (09) construtoras que compõem a amostra. Ou seja, no geral, apenas 03 das 07 tecnologias citadas neste trabalho são utilizadas por mais da metade das construtoras entrevistadas.

FIGURA 29 - Porcentagem de utilização das tecnologias pelas empresas entrevistadas



Fonte: Autor

Ainda em relação ao uso das sete tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas na construção civil, a tabela 4.3 apresenta as respostas compiladas por tecnologia para cada uma das construtoras. Com essa visão, é possível perceber que a realidade das empresas analisadas é bastante heterogênea, uma vez que as porcentagens de uso das tecnologias variam de 0% até 71% de utilização. Quando analisa-se a média geral, o percentual de uso fica em 37%.

Tabela 3 - Análise de uso das tecnologias por empresa

Construtora	Software BIM	ERP	Impressora 3D	Drones	Realidade Aumentada	Big Data	Elementos Pré-Fabricados	% de Utilização
Construtora 1	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0%
Construtora 2	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	43%
Construtora 3	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	57%
Construtora 4	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	14%
Construtora 5	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	14%
Construtora 6	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	29%

Construtora 7	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	57%
Construtora 8	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	71%
Construtora 9	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	43%

Fonte: Autor

No que diz respeito aos dados levantados, outro aspecto importante de se examinar é a opinião das construtoras a respeito da utilização dessas tecnologias e o consequente impacto que elas trazem ao serem aplicadas ao negócio. Nesse sentido, a figura 4.4 apresenta os resultados obtidos ao se questionar os entrevistados sobre a crença da empresa que eles representam acerca da implementação de tecnologias e a contribuição que elas podem trazer para a produtividade dos colaboradores e competitividade dos projetos. Como resultado, observa-se unanimidade entre os profissionais locais de que essas tecnologias contribuem para os dois pontos, o que está ao encontro da literatura levantada sobre o assunto no referencial bibliográfico.

FIGURA 30 - "A empresa acredita que a implementação de tecnologias contribui para a produtividade e competitividade?"



Fonte: Autor

Por fim, no que diz respeito à oferta de treinamentos para a equipe de colaboradores com o objetivo de facilitar o uso das tecnologias, 56% das construtoras entrevistadas afirmaram oferecerem ou terem oferecido no passado algum tipo de treinamento ou capacitação para utilização das tecnologias implementadas na empresa, conforme os resultados apresentados na figura 4.5.



FIGURA 31 – “A construtora oferece ou já ofereceu treinamento para qualificação da equipe quanto ao uso de tecnologias na construção?”



Fonte: Autor

#### 4.1.2.1 Análise da relação entre tamanho da empresa e tempo de mercado com a utilização de tecnologias da Indústria 4.0

Baseando-se nos dados já apresentados anteriormente, é possível inferir sobre a correlação entre a porcentagem de utilização de tecnologias da Indústria 4.0 com características do perfil de cada uma das empresas. Os resultados compilados por empresa são apresentados na tabela 4.4, os resultados de correlação entre tempo de mercado e taxa de uso nas tabelas 4.5 e 4.6 e, por fim, os resultados de correlação entre porte da empresa e taxa de uso nas tabelas 4.7 e 4.8.

Tabela 4 - Porcentagem de utilização das tecnologias por tempo e tamanho

Tempo	Tamanho	% de Utilização
30	Pequena	0%
26	Grande	43%
14	Média	57%

1	Micro	14%
10	Pequena	14%
32	Pequena	29%
10	Pequena	57%
28	Grande	71%
2	Pequena	43%

Fonte: Autor.

Tabela 5 - Porcentagem de utilização das tecnologias por tempo em empresas com menos de 15 anos de mercado.

<b>Tempo</b>	<b>% de Utilização</b>
1	14%
2	43%
10	14%
10	57%
14	57%
Média	7,4 anos 37%

Fonte: Autor.

Tabela 6 - Porcentagem de utilização das tecnologias por tempo em empresas com mais de 15 anos de mercado.

<b>Tempo</b>	<b>% de Utilização</b>
26	43%
28	71%
30	0%
32	29%
29	36%
Média	29 anos 36%

Fonte: Autor.

Tabela 7 - Porcentagem de utilização das tecnologias por tamanho em Micro e Pequenas empresas.

<b>Tamanho</b>	<b>% de Utilização</b>
Micro	14%
Pequena	43%
Pequena	14%
Pequena	57%
Pequena	0%
Pequena	29%
Média	26%

Fonte: Autor.

Tabela 8 - Porcentagem de utilização das tecnologias por tamanho em Médias e Grandes empresas

<b>Tamanho</b>	<b>% de Utilização</b>
Grande	43%
Grande	71%
Média	57%
Média	57%

Fonte: Autor.

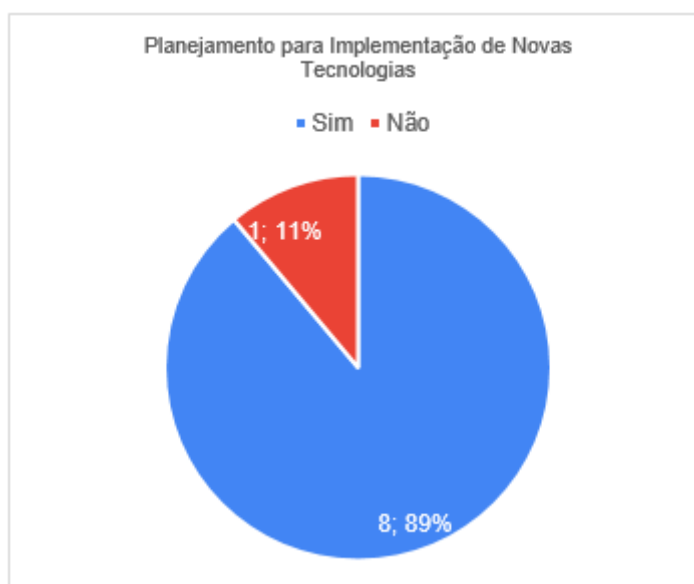
Assim, tem-se que empresas com menos de 15 anos de mercado possuem taxa média de utilização de 37% das tecnologias citadas, o que é muito semelhante à realidade das empresas com mais de 25 anos de mercado, cuja taxa média ficou no valor de 36%. Já em relação a correlação entre uso e tamanho da empresa, nota-se que, quanto maior a empresa, maior também é o uso de tecnologias da Indústria 4.0. Isso porque, entre micro e pequenas empresas, a taxa de utilização foi de 26% das tecnologias citadas, enquanto que, para médias e grandes construtoras, esse valor médio sobe para 57%.

### 4.1.3 Tendências ao uso de Tecnologias

O último ponto abordado nas perguntas objetivas do roteiro de entrevistas foi sobre a tendência de utilização de tecnologias da Indústria 4.0 nas construtoras de Santa Maria. Em relação a esse assunto, questionou-se os entrevistados sobre a existência de um planejamento por parte da empresa para a implementação de novas tecnologias no futuro. Como resposta, obteve-se que 89% dos entrevistados - ou seja, 08 (oito) entre 09 (nove) construtoras - afirmou que já possuem um planejamento interno com esse objetivo, conforme indica a figura 4.6.

Contudo, apesar de possuírem planos de implementação, a grande maioria das empresas não possui qualquer planejamento financeiro ou orçamento construído atrelado a esse objetivo futuro. Isso foi verificado ao questionar os entrevistados sobre a existência de orçamento para implementação de tecnologias da Indústria 4.0, conforme indica a figura 4.7. Como resultado, tem-se que apenas 22% dos entrevistados - ou seja, 02 (duas) entre 09 (nove) construtoras -, possuem esse tipo de organização interna.

FIGURA 32 - A construtora possui algum planejamento para implementação de novas tecnologias ao longo dos próximos meses ou anos?



Fonte: Autor

FIGURA 33 - A construtora tem uma parte do orçamento financeiro destinada a investimento em implementação de novas tecnologias nos próximos meses ou anos?



Fonte: Autor.

## 4.2 ANÁLISE QUALITATIVA

Além dos dados obtidos através de pesquisa quantitativa já apresentados, o roteiro de entrevistas aplicado neste trabalho também inclui 4 perguntas abertas que foram analisadas a partir de abordagem qualitativa. Essa análise do contexto apresentado pelos entrevistados foi realizada com o objetivo de compreender os impactos, dificuldades e desafios da implantação e uso de tecnologias na rotina das construtoras. Além disso, questionou-se sobre o efeito da pandemia de COVID-19 na empresa considerando a adoção e uso de novas tecnologias aplicadas à construção civil.

### 4.2.1 Impacto das Tecnologias

#### 4.2.1.1 Análise do impacto das tecnologias

De acordo com as respostas obtidas através das entrevistas realizadas, foi possível identificar um total de 09 (nove) impactos diferentes do uso de tecnologia nas construtoras. Todos os impactos citados pelos entrevistados foram contabilizados através da tabela 4.9.

Tabela 9 - Citações de Impacto.

<b>Impactos</b>	<b>Nº de Citações</b>	<b>%</b>
Melhora na gestão da obra	5	56%
Diminuição do retrabalho	4	44%
Vantagem Comercial	3	33%
Aumento do diferencial Competitivo	2	22%
Evolução nos Planejamentos	2	22%
Precisão dos Orçamentos	2	22%
Aumento da produtividade	2	22%
Melhora na Organização	1	11%
Diminuição de ações Pós-Obra	1	11%

Fonte: Autor.

De acordo com esses dados, é possível observar que os impactos mais citados entre os representantes das construtoras de Santa Maria foram: 1) melhora na gestão da obra (56% dos entrevistados); 2) diminuição do retrabalho dentro do canteiro de obras (44% dos entrevistados); e 3) aumento da vantagem comercial das obras (33% dos entrevistados). As citações a seguir evidenciam esses três pontos, respectivamente:

*“Conseguimos entender a obra bem antes e os desafios dela. A tecnologia ajudou muito a tomar decisões melhores, principalmente a parte financeira, por termos um cronograma muito mais realista e um planejamento muito melhor do que ia acontecer. Além disso, o drone ajuda a criar uma parte documental muito importante, diminuindo muitos problemas pós obra.”*

*“Com o BIM, tive a redução do número de erros de projeto. Os orçamentos ficaram mais precisos e diminuimos o número de retrabalho.”*

*“A gente consegue trazer mais credibilidade na entrega do produto ao cliente. Ganhamos velocidade e produtividade!”*

#### 4.2.1.2 Análise da relação entre tamanho da empresa e tempo de mercado com os impactos das tecnologias da Indústria 4.0

Assim como feito para a análise quantitativa, na análise qualitativa também é importante observar a relação entre o perfil das empresas e os respectivos impactos sentidos a partir do uso de tecnologias da indústria 4.0. Por isso, quando se observa o perfil das construtoras em relação a número de colaboradores e tempo de mercado, tem-se os resultados apresentados na tabela 4.10.

Tabela 10 - Citações de Impactos por empresa

<b>Tempo no Mercado</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>30</b>	<b>32</b>
<b>Tamanho da Empresa</b>	<b>Micro</b>	<b>Pequena</b>	<b>Pequena</b>	<b>Pequena</b>	<b>Média</b>	<b>Grande</b>	<b>Grande</b>	<b>Pequena</b>	<b>Pequena</b>
Melhora na gestão da obra	X	X	X			X			X
Diminuição do retrabalho	X	X	X	X					
Vantagem Comercial					X		X		X
Aumento do diferencial Competitivo					X				X
Evolução nos Planejamentos				X		X			
Precisão nos Orçamentos			X	X					
Aumento da produtividade							X		X
Melhora na Organização					X				
Diminuição de ações Pós-Obra				X					

Número de Impactos por empresa	2	2	3	4	3	2	2	0	4
--------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fonte: Autor

Em relação a esses resultados, é importante observar que, dentre as nove entrevistas realizadas, apenas uma empresa não identificou impactos do uso de tecnologias. Isso porque, até o momento, essa empresa não implementou nenhuma das tecnologias citadas neste trabalho. Além disso, nota-se que, para as demais construtoras, pelo menos 2 impactos foram citados durante cada uma das entrevistas. Por fim, observa-se ainda que há pouca correlação entre os tipos de impactos citados pelas construtoras e o tamanho delas e/ou o tempo de atuação no mercado, não sendo possível fazer qualquer associação entre esses fatores.

#### 4.2.2 Dificuldades e Desafios de Implementação

##### 4.2.2.1 Análise das dificuldades e desafios de implementação

Quando questionados a respeito das dificuldades e desafios de implementação de tecnologias da indústria 4.0 na empresa, os entrevistados levantaram 05 (cinco) principais fatores de impedimento para que isso aconteça. Esses fatores são apresentados na tabela 4.11.

Tabela 11 - Citações de Desafio.

Desafio	Nº de Citações	%
Conhecimento técnico necessário	7	78%
Adaptação dos processos atuais	6	67%
Custos de Investimento	4	44%
Acessibilidade da tecnologia	1	11%
Estrutura da Empresa	1	11%

Fonte: Autor



Em relação a esses dados, os principais desafios identificados foram: 1) conhecimento técnico necessário (78% dos entrevistados); 2) adaptação dos processos atuais (67% dos entrevistados); e 3) custos de investimentos (44% dos entrevistados). As citações a seguir evidenciam cada um desses pontos:

*“A dificuldade é adaptar processos antigos! Aceitar novos processos e novas tecnologias é complicado. Por sermos uma empresa familiar, às vezes é difícil implementar novas coisas. As pessoas que deveriam usar, estão acostumadas ao método tradicional. Além disso, temos dificuldade de implementação por falta de conhecimento dos colaboradores.”*

*“As mudanças no processo atual são nossa maior dificuldade. Tu precisa de mais tempo e conhecimento! Para todos que estão envolvidos, tu precisa mudar o pensamento das pessoas para adaptar e começar a utilizar.”*

*“Tudo é implementado de forma devagar, porque envolve treinamento, capacitação e investimento e, por isso, não arriscar nisso.”*

*“Os custos são altos e há uma barreira para mudanças!”*

#### 4.2.2.2 Análise da relação entre tamanho da empresa e tempo de mercado com os desafios de implantação de tecnologias da Indústria 4.0

Assim como feito para a relação entre o perfil das empresas e os impactos das tecnologias, também é importante observar a relação entre esse perfil com os desafios de implantação de novas tecnologias. Nesse sentido, quando observada a relação de porte e tempo de mercado das construtoras, temos a seguinte análise de desafios de implementação exposta na tabela 4.12.

Tabela 12 - Citações de desafios por empresa

<b>Tempo no Mercado</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>30</b>	<b>32</b>
<b>Tamanho da Empresa</b>	<b>Micro</b>	<b>Pequena</b>	<b>Pequena</b>	<b>Pequena</b>	<b>Média</b>	<b>Grande</b>	<b>Grande</b>	<b>Pequena</b>	<b>Pequena</b>
Conhecimento técnico necessário		X	X	X	X		X	X	X
Adaptação dos Processos atuais		X	X	X	X				X
Custos de Investimento	X		X				X	X	
Acessibilidade da tecnologia								X	
Estrutura da Empresa						X			
Número de Desafios por empresa	1	2	3	2	2	1	2	3	2

Fonte: Autor

No que diz respeito ao tamanho das construtoras, nota-se que apenas empresas de pequeno porte citam “adaptação dos processos atuais” como um desafio para implementação de novas tecnologias advindas da indústria 4.0. Já o fator de “conhecimento técnico necessário” para a implementação é uma dificuldade citada por construtoras de todos os tamanhos. Além desse fator, “custo de investimento” também é indicado como desafio por diferentes empresas, o que indica que essa preocupação existe entre as construtoras de Santa Maria independente do número de colaboradores que elas possuem. Por fim, quando observamos o tempo de mercado, nota-se que os desafios são semelhantes, seja a empresa mais recente ou mais antiga no mercado local.

### **4.2.3 Efeito da Pandemia COVID-19**

Durante a pesquisa, quando os entrevistados foram questionados a respeito dos efeitos da Pandemia COVID-19 na construção civil, diversos efeitos no contexto das construtoras foram citados. Dentre eles, escassez de insumos e conseqüentemente aumento dos preços na construção civil, necessidade de adoção de protocolos de saúde na rotina das obras, dificuldade nas vendas dos empreendimentos, mudanças na gestão de pessoas e processos das empresas, adaptação e reformulação de projetos e evolução na comunicação online. Contudo, em relação à adoção e uso de tecnologias advindas da indústria 4.0, não houveram citações ao longo das entrevistas. Na verdade, os representantes das construtoras entrevistadas afirmaram que não perceberam mudanças significativas em relação a esse ponto no período e que esse fator não contribuiu para a melhora ou piora do contexto tecnológico no setor local.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O principal objetivo do presente trabalho é compreender e analisar o uso de tecnologia da informação, baseadas no conceito de indústria 4.0, em construtoras localizadas em Santa Maria - RS. A partir disso e da metodologia adotada no estudo, desenvolveu-se um roteiro de perguntas para utilização em entrevistas com profissionais e representantes de construtoras locais. Para a criação desse questionário, baseou-se em conceitos definidos ao longo do referencial bibliográfico e, através do resultado das entrevistas, foi possível compreender o contexto local atual, bem como os impactos gerados pelas tecnologias e os atuais desafios das construtoras de Santa Maria.

Em relação ao uso das tecnologias, o presente trabalho mostrou que ainda há muito a ser evoluído no contexto local. Isso porque, mesmo quando todas as empresas entrevistadas acreditam que a implementação de tecnologias da Indústria 4.0 contribuiu para a produtividade e competitividade das obras, tem-se que a utilização média dessas tecnologias na amostra é de apenas 37%. Indo além, os dados indicam que trata-se de uma realidade bastante heterogênea, visto que há construtoras que não adotam nenhuma das tecnologias expostas nesse trabalho e que, das 07 (sete) tecnologias citadas, duas ainda não são usadas por nenhuma empresa - são elas a impressora 3D e big data. Ainda sobre o uso das tecnologias, a pesquisa mostrou que não há relação direta ou clara entre o tempo de mercado e taxa de uso, mas que esse fator está

positivamente relacionado com o tamanho das construtoras. Ou seja, quanto maior o porte, maior o uso dessas ferramentas.

Apesar disso, o cenário é positivo quando se considera que 89% das empresas entrevistadas - 08 (oito) de uma amostra de 09 (nove) - já possuem um planejamento de implementação de novas tecnologias desenhado para os próximos anos. Por outro lado, apenas 22% da amostra - duas empresas, desdobraram esse planejamento em um orçamento definido para aquisição e implementação de tecnologia, o que indica que talvez a mudança ainda demore a acontecer.

Quando analisados os impactos da Indústria 4.0, é importante citar que os principais fatores levantados na análise foram melhoria na gestão da obra, redução de retrabalho e aumento da vantagem comercial dos empreendimentos. Além disso, cada entrevistado conseguiu perceber ao menos 02 benefícios cada trazidos pelo uso de tecnologias. Ainda assim, percebe-se que há pouca correlação entre os tipos de impactos citados pelos entrevistados com o tamanho ou tempo de mercado das construtoras, o que demonstra que o efeito das tecnologias não depende desses dois fatores depois que elas são implementadas no negócio.

Quanto aos desafios de implementação dessas tecnologias, é possível destacar três pontos principais: o conhecimento técnico necessário (78%), a adaptação dos processos atuais (67%) e o custo de investimento (44%). Desses três, é importante citar que a adaptação dos processos atuais é um fator citado apenas por empresas de pequeno porte. Quando se considera o tempo de mercado das construtoras contempladas na amostra, percebe-se que empresas novas ou antigas no mercado possuem desafios semelhantes.

Em relação às limitações do estudo e sugestões de pesquisas futuras, é importante citar que a amostra analisada neste trabalho tem tamanho limitado quando comparado a todo o mercado de construtoras da cidade de Santa Maria. Por isso, ainda que tenha sido possível atingir os objetivos do estudo no que diz respeito à análise do contexto geral local, sugere-se que, para trabalhos futuros, o volume da amostra seja ampliado para consolidar os resultados obtidos até aqui. Além disso, esse estudo não objetivou a criação de um modelo de implementação das tecnologias para as construtoras dado o contexto local. De posse dos fatores aqui identificados, é interessante em pesquisas futuras aplicá-los em estudos de caso ou explorá-los em outras pesquisas quantitativas e qualitativas com o objetivo de gerar um modelo de implementação de tecnologias que auxilie no processo de evolução do mercado de construtoras de Santa Maria no que diz respeito ao uso e adoção de tecnologias da Indústria 4.0.

Por fim, percebe-se que, por mais que os impactos e benefícios da adoção das tecnologias citadas neste trabalho sejam nítidos para a construção civil, ainda há barreiras que impedem a evolução das empresas do setor. Atualmente, os profissionais responsáveis por essas construtoras já acreditam nos benefícios advindos da evolução tecnológica, contudo as empresas ainda têm dificuldade de planejar, custear e executar projetos dessa natureza, o que resulta na baixa adesão a essas tecnologias na construção civil em Santa Maria, cujo contexto está em consonância com o cenário nacional. Entretanto, observa-se também que há uma perspectiva de melhora do setor, visto que já existem planejamentos iniciais que indicam a tendência de adesão tecnológica futura, ainda que isso não tenha sido intensificado durante a pandemia de COVID-19, como as análises ao longo deste trabalho indicaram.

## REFERÊNCIAS

- GRILLO, Christopher. **Drone Impact on the Construction Industry: A Statistical Round-Up DroneBase** 2019. Disponível em: <https://blog.dronebase.com/drone-impact-on-the-construction-industry-a-statistical-round-up> Acesso em: 04 dez. 2021
- VIEIRA; Eduardo Eugenio Gouvê et al. **Construção Civil: Desafios 2020**. FIRJAN 2014
- A importância da integração de sistemas de produção na Indústria 4.0**. HUB I4.0, 2018. Disponível em: <https://www.hubi40.com.br/a-importancia-da-integracao-de-sistemas-de-producao-na-industria-4-0/>. Acesso em: 29 nov. 2021.
- A relação da cibersegurança com a indústria 4.0**. SENIOR, 2020. Disponível em: <https://www.senior.com.br/blog/a-relacao-da-ciberseguranca-com-a-industria-4-0>. Acesso em: 29 nov. 2021.
- ACAUAN, Afonso. **Quais os 5 principais desafios da indústria 4.0?** Yaman, 2019. Disponível em: <https://yaman.com.br/pt-br/blog/industria-4-0/>. Acesso em: 28 nov. 2021
- AGARWAL, Rajat; CHANDRASEKARAN, Shankar; SRIDHAR Munkund. **Imagining construction's digital future**. McKinsey & Company 2016. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/imagining-constructions-digital-future> Acesso em: 2 dez. 2021.
- AGRAWAL, Mayank et al. **Indústria 4.0: Reimaginando as operações de manufatura pós COVID-19**. McKinsey & Company 2019. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/industry-40-reimagining-manufacturing-operations-after-covid-19/pt-BR>. Acesso em: 27 nov. 2021
- ALMEIDA, Daniel. **Construção civil: melhores resultados por meio de soluções tecnológicas 2019**. Disponível em: <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/opiniao/2019/09/construcao-civil-melhores-resultados-por-meio-de-solucoes-tecnologica.html> Acesso em: 21 nov. 2021.
- ALVARENGA, Daniel. **Brasil sai de lista das 10 maiores economias do mundo e cai para a 12ª posição**. G1, 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/03/03/brasil-sai-de-lista-das-10-maiores-economias-do-mundo-e-cai-para-a-12a-posicao-aponta-ranking.ghtml>. Acesso em: 20 de novembro de 2021.
- ANTONIO, Daniel Soares et al. **A Indústria 4.0 e seus Impactos na Sociedade**. Revista Pesquisa e Ação, v. 4, n. 3, 2018.
- As diferenças entre a Indústria 3.0 e 4.0: tecnologia e inovação**. AUDACES 2021. Disponível em: <https://audaces.com/industria-3-0-x-4-0-saiba-o-que-mudou/> Acesso em: 5 dez. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INCORPORADORAS IMOBILIÁRIAS. **ABRAINC Explica: A importância da Construção Civil para impulsionar a economia brasileira 2021**. Disponível em: <https://www.abrainc.org.br/abrainc-explica/2021/06/28/abrainc-explica->

a-importancia-da-construcao-civil-para-impulsionar-a-economia-brasileira/ Acesso em: 24 nov. 2021

AUTODESK CONSTRUCTION CLOUD. **Digital Transformation: The Future of Connected Construction**. Disponível em: [http://constructioncloud.autodesk.com/rs/572-JSV-775/images/Autodesk-IDC%20InfoBrief-DX\\_The%20Future%20of%20Connected%20Construction.pdf](http://constructioncloud.autodesk.com/rs/572-JSV-775/images/Autodesk-IDC%20InfoBrief-DX_The%20Future%20of%20Connected%20Construction.pdf) Acesso em: 01 dez. 2021.

BRITO, Candido. **Estamos preparados para a 4º Revolução Industrial?**. PET Produção UFC 2021. Disponível em: [http://www.petprod.ufc.br/blog/blog\\_02\\_quarta-revolu%C3%A7ao-industrial/](http://www.petprod.ufc.br/blog/blog_02_quarta-revolu%C3%A7ao-industrial/). Acesso em: 26 nov. 2021.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **CATÁLOGO DE INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2016. Disponível em: [https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Catalogo\\_de\\_Inovacao\\_na\\_Construcao\\_Civil\\_2016.pdf](https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Catalogo_de_Inovacao_na_Construcao_Civil_2016.pdf). Acesso em: 03 dez. 2021.

CARVALHO, J. D. N. D. **Sobre as origens e desenvolvimento do concreto**. Tecnológica, v. 17, p. 19-28, 2008.

CAVALCANTI, L. L.; NOGUEIRA, M. S. **Futurismo, Inovação e Logística 4.0: desafios e oportunidades**. VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2017.

CIENTÍFICA, Metodologia. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2008.

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo à indústria 4.0**. 2016. Tese de Doutorado. 00500: Universidade de Coimbra.

**Conheça os pilares da indústria 4.0**. ESSS, 2017. Disponível em: <https://www.esss.co/blog/os-pilares-da-industria-4-0/>. Acesso em: 26 nov. 2021.

DA SILVA, Alice Duarte; DOS SANTOS SIMÃO-ORIENTADORA, Alessandra; GABRIEL MENEZES-CO-ORIENTADOR, Carlos Augusto. **Impactos da Indústria 4.0 na Construção Civil brasileira**. 2018.

DATHEIN, Ricardo. **Inovação e Revoluções Industriais: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX**. Publicações DECON Textos Didáticos, v. 2, p. 5-7, 2003.

DE LIMA CAVALCANTI, Vladyr Yuri Soares et al. **Indústria 4.0: desafios e perspectivas na construção civil**. Revista Campo do Saber, v. 4, n. 4, 2018.

DIAS, Gabriel Martins. **O que é Indústria 4.0?**. Doutor IoT, São Paulo, 8 de dez. de 2021. Disponível em: <https://www.doutoriot.com.br/negocios/industria-4-0/o-que-e/>. Acesso em: 4 de dez. de 2021.

DISTRITO. **Industria 4.0**. 2021. Disponível em: <https://distrito.me/industria-4-0/>. Acesso em: 18 de novembro de 2021.

DOS SANTOS SIMÃO, Alessandra et al. **Impactos da indústria 4.0 na construção civil brasileira**. Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 10, p. 20130-20145, 2019.

**Estudo mostra que crescimento na construção civil depende de mais produtividade e recurso à tecnologia**. SEBRAE Inteligência Setorial, 21 de set de 2021 Disponível em: <https://sebraeinteligenciasetorial.com.br/produtos/noticias-de-impacto/estudo-mostra-que-crescimento-na-construcao-civil-depende-de-mais-produtividade-e-recurso-a-tecnologia/6149df4ea992211900ef49e0> Acesso em: 23 de novembro 2021.

FALORCA, Jorge GF; LANZINHA, João. **A utilização de drones como ferramenta tecnológica emergente para a inspeção técnica da envolvente de edifícios**. In: Congresso Construção 2018–Reabilitar e construir de forma sustentável.

Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **FIESP IDENTIFICA DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL E APRESENTA PROPOSTAS**. FIESP 2018. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/noticias/fiesp-identifica-desafios-da-industria-4-0-no-brasil-e-apresenta-propostas/>. Acesso em: 02 dez. 2021"

FLORIO, Wilson. **Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura**. Encontro de tecnologia da informação e comunicação na construção civil, v. 3, p. 1-12, 2007.

GOMES, José Augusto Paixão; LONGO, Orlando Celso. **Mudança de cultura e apoio da tecnologia dão base à transformação digital na construção civil no enfrentamento à crise do Covid\_19**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 8, p. 58884-58903, 2020.

GUIMARÃES, Nilo. **As 4 Revoluções Industriais e Seus Processos de Fabricação**. CONAENGE 2018. Disponível em: <https://conaenge.com.br/4-revolucoes-industriais-processos-fabricacao/> Acesso em: 16 de novembro 2021.

**Indústria 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos**. PORTAL DA INDÚSTRIA 2020. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>. Acesso em: 20 de Novembro de 2021.

JAIN, Pareekh. **Blueprint Guide: Industry 4.0 Services**. ACCENTURE, 2017 Disponível em: [https://www.accenture.com/t20180625t094010z\\_\\_w\\_\\_/us-en/\\_acnmedia/pdf-52/accenture-industry-4-excerpt-for-accenture-report.pdf](https://www.accenture.com/t20180625t094010z__w__/us-en/_acnmedia/pdf-52/accenture-industry-4-excerpt-for-accenture-report.pdf). Acesso em: 29 nov. 2021

JÚNIOR, Moisés Francisco Farah. **A terceira revolução industrial e o novo paradigma produtivo: algumas considerações sobre o desenvolvimento industrial brasileiro nos anos 90**. Revista da FAE, v. 3, n. 2, 2000.

JUNQUEIRA, Bruno Pires. **Aplicações da realidade virtual e realidade aumentada nos empreendimentos da construção Civil**. 2021. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

KOIKE, Tiago. **O Big Data na Indústria 4.0: Qual a sua importância?** POLLUX 2018. Disponível em: <https://pollux.com.br/blog/big-data-na-industria-4-0-qual-sua-importancia/>. Acesso em: 2 de Dezembro de 2021.



LIMA, Tomás. **Drones na Construção Civil – 7 aplicações diretas na obra**. SIENGE 2019. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/drones-na-construcao-civil/>. Acesso em: 01 dez. 2021

LORENZ, Markus et al. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. BCG 2015 Disponível em: [https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_4\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries](https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries). Acesso em: 20 nov. 2021.

**Manufatura aditiva: o caminho para a indústria 4.0 otimizar recursos e processos**. LABBRA, 2020 Disponível em: <https://blog.agencialabra.com.br/manufatura-aditiva-o-caminho-para-a-industria-4-0/> Acesso em: 1 de dez. 2021.

NAKAMURA, Juliana. **Pré-fabricados: como industrializam a construção**. SIENGE 2019. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/pre-fabricados/>. Acesso em: 01 dez. 2021

OESTERREICH, Thuy Duong; TEUTEBERG, Frank. **Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry**. Computers in industry, v. 83, p. 121-139, 2016.

**Os 9 Pilares da Indústria 4.0**. SIGGA 2018, Disponível em: <https://www.sigga.com/pt-br/blog/os-pilares-da-industria-4-0> Acesso em: 1 dez. 2021.

OVIEDO-HAITO, Ricardo Juan José; MORATTI, Tathyana; CARDOSO, Francisco Ferreira. **Desafios da gestão da produção na construção 4.0**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, p. 1-13, 2019.

PACHECO, Wilson. **A indústria 4.0 aplicada à construção civil Obra Prima**. WEB 2021. Disponível em: <https://blog.obraprimaweb.com.br/a-industria-4-0-aplicada-a-construcao-civil/>. Acesso em: 27 nov. 2021

PAIM, Fabiane Gomes; DE ALMEIDA, Márcia Rego Sampaio. **ESTUDO PROSPECTIVO SOBRE A UTILIZAÇÃO DA IMPRESSORA 3D NA ÁREA DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Cadernos de Prospecção, v. 11, p. 463, 2018.

PAIOLA, Carlos. **As aplicações de Realidade Aumentada na Indústria 4.0**. IND 4.0 2019. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/noticias/18218-as-aplicacoes-de-realidade-aumentada-na-industria-40> Acesso em: 27 nov. 2021.

PAIVA, Claudio Cesar de; PAIVA, Suzana Cristina Fernandes de. **No Brasil, impacto econômico da pandemia será forte e duradouro**. Jornal da Unesp 2021. Disponível em: <https://jornal.unesp.br/2021/07/02/no-brasil-impacto-economico-da-pandemia-sera-forte-e-duradouro/> Acesso em: 23 nov. 2021.

PEREIRA, Adriano; DE OLIVEIRA SIMONETTO, Eugênio. **Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil**. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v. 16, n. 1, 2018.

PORTAL DA INDUSTRIA. **Brasil fica em 57º lugar entre 132 países no Índice Global de Inovação 2021**. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e>

tecnologia/brasil-fica-em-57o-lugar-entre-132-paises-no-indice-global-de-inovacao/ Acesso em: 21 nov. 2021.

PORTO, Thomás Monteiro Sobrino. **Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3D e da sua aplicação na construção civil**. Trabalho Final de Graduação. UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.

PwC. **Indústria 4.0: Digitalização como vantagem competitiva no Brasil**. 2016. Disponível em: <https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/servicos/assets/consultoria-negocios/2016/pwc-industry-4-survey-16.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2021.

RAFAELE, Aline Ribeiro et al. **MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO**. Revista Pesquisa e Ação, v. 5, n. 4, p. 88-97, 2019.

RIBEIRO, Douglas Arthur Coutinho. **Tecnologias advindas da Indústria 4.0 aplicada na construção civil: efeitos e desafios da implantação no Brasil**. 2019.

**Robôs Autônomos na Indústria 4.0**. INDUSTRIALL, 2019. Disponível em: <https://blog.industrial.ai/2019/06/robos-autonomos-na-industria-4-0/> Acesso em: 27 nov. 2021.

SACOMANO, José Benedito et al. **Indústria 4.0**. Editora Blucher, 2018.

SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. **As revoluções industriais até a indústria 4.0**. Revista Interface Tecnológica, v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018.

SANTINI, Beatriz. **Case Amazon: Uso de robôs na logística interna fez dela a 3ª empresa mais valiosa do mundo!** Pollux 2018. Disponível em: <https://pollux.com.br/blog/case-amazon-uso-de-robos-na-logistica-fez-dela-3a-maior-empresa-do-mundo/>. Acesso em: 26 nov. 2021.

SANTOS, Adriana de Paula Lacerda et al. **A utilização do BIM em projetos de construção civil**. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, v. 1, n. 2, p. 24-42, 2009.

SILVA, Daniel Neves. **O que foi a Revolução Industrial?**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/historia/o-que-foi-revolucao-industrial.htm>. Acesso em: 18 nov. 2021.

SILVA, Douglas da. **Data analytics: o que é e por que você deve usar na sua empresa**. ZENDESK 2021. Disponível em: <https://www.zendesk.com.br/blog/data-analytics-o-que-e/>. Acesso em: 2 dez. 2021

**SIMULAÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0**. FLEXIM BRASIL 2019. Disponível em: <http://www.flexsimbrasil.com.br/Downloads/SIMULACAONAINDUSTRIA4.0VF.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2021

SIRTOLI, Alex Sandro Couto. **INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL, SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO E SUAS APLICAÇÕES**. 2021. Trabalho de Conclusão. Universidade Federal de Santa Maria.

TORI, Romero; KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson Augusto. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Porto Alegre: Editora SBC, 2006.

VASCONCELOS, Esther. **Big Data na construção civil: Como essa tecnologia têm beneficiado o setor?**. Rede Jornal Contábil 2021. Disponível em: <https://www.jornalcontabil.com.br/big-data-na-construcao-civil-como-essa-tecnologia-tem-beneficiado-o-setor/>. Acesso em: 03 dez. 2021

**Veja como a pandemia deve impactar tecnologias da construção civil**. ESTADÃO, 30 de maio de 2020 Disponível em: <https://imoveis.estadao.com.br/noticias/veja-como-a-pandemia-deve-impactar-tecnologias-da-construcao-civil/> Acesso em: 25 nov. 2021."

VENTURELLI, Marcos. **A segurança de dados na Indústria 4.0**. Automação Industrial, 2021. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/seguranca-de-dados-na-industria-4-0/>. Acesso em: 28 nov 2021.

VERSIANI, Rafael. **ERP para construção civil: o que é e quais são os melhores?** ENotas 2021. Disponível em: <https://enotas.com.br/blog/erp-para-construcao-civil/>. Acesso em: 03 dez. 2021

Vieira, B. A.; Nogueira, L. (2018), “**Construção civil: crescimento versus custos de produção civil**”, Sistemas & Gestão, Vol. 13, No. 3, pp. 366-377, Disponível em: <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/1419> Acesso em: 24 de nov. 2021.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Next Economic Growth Engine: Scaling Fourth Industrial Revolution Technologies in Production**. WEFORUM, 2018. Disponível em: <https://www.weforum.org/whitepapers/the-next-economic-growth-engine-scaling-fourth-industrial-revolution-technologies-in-production>. Acesso em: 29 nov. 2021

YOSSEF, M., CHEN, A. **Applicability and Limitations of 3D Printing for Civil Structures**. Iowa State University. 2015.

## ANEXO I

A tabela abaixo contém a lista de perguntas feitas aos representantes das construtoras durante as entrevistas realizadas neste trabalho.

PERGUNTAS OBJETIVAS - ANÁLISE QUANTITATIVA - PARTE 01	
1	Qual o tempo de mercado da construtora?
2	Qual o tamanho da construtora em relação ao número de funcionários?
3	Hoje a construtora utiliza algum software BIM para fazer gestão de projetos?
4	Hoje a construtora utiliza algum ERP para gestão de recursos?
5	Hoje a construtora utiliza impressoras 3D?
6	Hoje a construtora utiliza drones para inspeção de obras?
7	A construtora trabalha com realidade aumentada para otimização de projetos?
8	A construtora trabalha com algum software de Big Data Analytics?
9	Hoje a construtora utiliza sistemas de elementos pré-fabricados e/ou pré-moldados em suas obras?
10	A empresa acredita que a implementação de tecnologias contribui para a produtividade e competitividade no mercado da construção civil?
PERGUNTAS ABERTAS - ANÁLISE QUALITATIVA	
11	Quais foram as dificuldades em se implementar tecnologias que vocês já possuem na empresa atualmente?
12	Quais são as atuais dificuldades para se implementar novas tecnologias?

13	Quais foram os impactos da implementação das tecnologias na construtora?
14	Qual foi o efeito da pandemia do COVID-19 no que diz respeito ao uso de tecnologias no dia a dia da construtora?
PERGUNTAS OBJETIVAS - ANÁLISE QUANTITATIVA - PARTE 02	
15	A construtora possui algum planejamento para implementação de novas tecnologias ao longo dos próximos meses ou anos?
16	A construtora tem uma parte do orçamento financeiro destinada a investimento em implementação de novas tecnologias nos próximos meses ou anos?
17	A construtora oferece ou já ofereceu treinamento para qualificação da equipe quanto ao uso de tecnologias na construção?