



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE CARAÚBAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TALYTA ARAÚJO LIMA

A INDÚSTRIA 4.0 E OS DESAFIOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL.

CARAÚBAS

2022

TALYTA ARAÚJO LIMA

A INDÚSTRIA 4.0 E OS DESAFIOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL.

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Engenharia Civil.

Orientador: Profa. Rokatia Lorrany Nogueira Marinho.

CARAÚBAS

2022

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)

Setor de Informação e Referência

L734i	Lima, Talyta . A INDÚSTRIA 4.0 E OS DESAFIOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL / Talyta Lima. - 2022. 55 f. : il.
	Orientadora: Rokatia Marinho. Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil, 2022.
	1. Quarta Revolução Industrial. 2. Construção. 3. Tecnologia. 4. Inovação. 5. Bim. I. Marinho, Rokatia , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

TALYTA ARAÚJO LIMA

**A INDÚSTRIA 4.0 E OS DESAFIOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO
BRASIL.**

Monografia apresentada a
Universidade Federal Rural do Semi-
Árido como requisito para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia
Civil.

Defendida em: 17/06/2022.

BANCA EXAMINADORA

Rokátia Lorrany

Nogueira Marinho

Rokátia Lorrany Nogueira Marinho, Profa. Esp. (UFERSA)
Presidente

Lourena Barbosa
Cavalcante Paiva

Lourena Barbosa Cavalcante Paiva, Profa. Esp. (UFPE)
Membro Examinador


Regiata de Oliveira Marinho, Eng. Esp. (UNB)
Membro Examinador

Aos meus pais Maria Rosa Dias de Araújo e José Maria de Lima Silva e meu irmão Thiago Araújo. Por todo o incentivo e ajuda para que isso fosse possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada.

A minha família, em especial aos meus pais Maria Rosa e José Maria, e ao meu irmão, Thiago Araújo, acreditaram que eu seria capaz de superar os obstáculos que a vida apresenta, e não mediram esforços para me incentivar.

A minha orientadora Rokatia Lorrany pela sua paciência e incentivo que tornaram possível a conclusão da monografia. Seus conhecimentos fizeram grande diferença no resultado final deste trabalho.

Por fim, agradeço todas as pessoas que de alguma forma estiveram envolvidas na realização deste trabalho.

“O que prevemos raramente ocorre; o que
menos esperamos geralmente acontece.”
(Benjamin Disraeli)

RESUMO

A indústria 4.0 é um conceito que engloba as principais inovações tecnológicas dos campos de automação, controle e tecnologia da informação. Na análise deste trabalho, a indústria 4.0 refere-se as contribuições das tecnologias na construção Civil. Com base na análise realizada deste estudo, buscou-se apresentar técnicas e ferramentas, nas quais foram: o BIM, impressão 3D e Drones. A metodologia realizada foi através de duas etapas a primeira fase foram pesquisas bibliográficas e na segunda fase se deu pela aplicação de um questionário a empresas localizadas na região Nordeste, por meio de entrevistas, em formato online e pelo google forms, assim foi realizado uma análise e sistematização dos resultados, nos quais foram organizados e postos em gráficos. Com base nos resultados observou-se as dificuldades que as empresas tiveram para implementarem essas novas tecnologias no setor da construção, como: custo elevado, mão-de-obra não qualificada e dificuldade em mudar a logística da empresa. Por fim, considera-se em geral que para uma empresa da construção civil se manter no mercado, deve-se buscar implantar novas tecnologias, principalmente uma mão de obra especializada e uma maior visibilidade dessas tecnologias.

Palavras-chave: Quarta Revolução Industrial. Construção . Tecnologia. Inovação. BIM.

ABSTRACT

Industry 4.0 is a concept that encompasses the main technological innovations in the Fields of automation, control and information technology. In this analydis, industry 4.0 refers to the contributions of Technologies in civil construction. Based on this analysis, we sought to presente tecniques and tools, which were: BIM, 3D printing and drones. The methodology carried out was through bibliographic research and in the second phase it was carried out by the application of a questionnaire, through interviews, in online format, through google formas, so na analysis and systematization of the results was carried out, in whitch They were organized na put into graphics. Based on the results, it was observed the difficulties that companies had to implemente these new Technologies in the construction sector, such as: high cost, unskilled labor and difficulty in changing the company's logistics. Finally, it is generally considered that for a construction company to remain in the market, it must seek to implemente new Technologies, especially a specialized workforce and greater visibility of these Technologies.

Keywords: Fourth Industrial Revolution. Construction. Technology. Innovation. BIM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 : As três revoluções e seus impactos na construção civil	19
Figura 2: Aspectos da quarta revolução industrial.	22
Figura 3: Principais benefícios que a indústria 4.0 trouxe para o setor da construção civil.	27
Figura 4: Casa impressa 3D com tecnologia Brasileira.....	29
Figura 5: Uso de drones no canteiro de obras.	30
Figura 6: Ciclo de vida BIM.	34
Figura 7: Etapas metodológicas.....	37

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Tempo de experiência no mercado de trabalho.....	38
Gráfico 2: Áreas de atuação na construção civil.	39
Gráfico 3: Meios de comunicação.	40
Gráfico 4: Benefícios da indústria 4.0 para com a construção civil.	40
Gráfico 5: Benefícios da indústria na construção civil.	41
Gráfico 6: Estimativa de redução dos custos em obras na construção civil através da indústria 4.0.....	42
Gráfico 7: Aumento da produtividade nas obras relacionando a indústria 4.0.	42
Gráfico 8: Tecnologias utilizadas pelas empresas da construção civil.	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
CBCI	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
GII	Índice Global de Inovação
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PIB	Produto Interno Bruto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	16
Os objetivos específicos dessa pesquisa são:	16
3.1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.3 AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS E OS SEUS EFEITOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	17
3.2 INDÚSTRIA 4.0.....	20
3.2.1 PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0.....	23
3.2.2 PILARES DA INDÚSTRIA 4.0	23
3.3 BENEFÍCIOS DA INDÚSTRIA 4.0 NA CONSTRUÇÃO CIVIL	24
3.4 DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0 NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	27
3.5 APLICABILIDADE DAS NOVAS TECNOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL..	28
4 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	35
5 RESULTADO	38
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTAS	53

1. INTRODUÇÃO

Desde o século XVIII a indústria passou por diversas revoluções industriais e, recentemente, no ano de 2011 teve início uma nova revolução, chamada de quarta revolução industrial. Segundo Finja (2019), o nascimento do conceito que ficou conhecido com indústria 4.0 ou construção 4.0 é em referência a quarta revolução industrial, uma vez que a primeira veio com o advento das máquinas a vapor, a segunda introduzindo a metalúrgica, química e fordismo e a terceira com a informática e microeletrônica. A quarta revolução em analogia com as outras três revoluções, pode-se analisar que é mais rápida, ampla, profunda e tecnológica.

A construção 4.0 é um conceito que engloba as principais inovações tecnológicas dos campos de automação, controle, tecnologia da informação e aplicação aos processos de manufatura (SILVEIRA, 2016). Tendo como fundamento interligar máquinas e sistemas, assim, as empresas são capazes de gerar redes inteligentes. Controlando um padrão de produção de maneira autônoma, essa nova referência de empresa é a junção das realizações tecnológicas dos últimos anos, com a perspectiva de um futuro com uma produção inteligente, ou seja, no qual a vida real seja ligada à virtual.

Segundo um consenso com especialistas, a indústria no Brasil em grande parte ainda se encontra na passagem do que seria a indústria 2.0 para a 3.0 (FIRJAN, 2016). Como foi analisado pelo Índice Global de Inovação (GII) que classifica as economias mundiais com maiores capacidades e sucesso de inovação, no qual o Brasil ocupa a 56º lugar entre as 132 economias incluídas no ano de 2021, é perceptível que o país tenha capacidade para implementar as novas tecnologias advindas da quarta revolução.

Diante das inovações tecnológicas que a indústria 4.0 trouxe para a indústria, em específico para a Construção Civil, é possível notar mudanças como: a utilização de drones para um melhor acompanhamento das obras, tablet para controle de execução de obras, softwares de auxílio ao projeto de cobertura, aparelhos medidores que transforma as medições em plantas, maquetes 3D e o Building Information Modeling – BIM (Modelagem de Informações da Construção). Diferentes dos outros, o BIM tem um avanço expressivo em sua utilização para desenhos na engenharia, sendo uma realidade de uma precisão, rapidez e segurança maior na obra.

A Indústria da Construção Civil é um dos principais setores que influenciam o Produto Interno Bruto (PIB) nacional, no terceiro trimestre com o PIB acumulado de 5,7% no ano de 2021 (IBGE, 2022). Mesmo com a chegada da pandemia, a construção foi o setor que mais gerou trabalho com carteira assinada, sendo que o PIB cresceu 2,1% no 1º trimestre de 2021 em relação ao 4º trimestre de 2020, superando o PIB nacional e mostrando a força da Indústria da Construção Civil na economia nacional (CBIC, 2021).

Não é novidade que o setor da Construção Civil é um dos mais resistentes à modernização. Mesmo com todos esses problemas citados acima, que podem ser resolvidos com o uso de novas tecnologias, faltam investimentos nos processos construtivos, falta profissionais especializados, falta inovações, justamente pelo fato de ser algo novo. Esse resultado se reflete no mercado de trabalho pela falta de produtividade das empresas.

Para Rocker (2021), do modo como ocorre em diversos setores da indústria, as novas tecnologias digitais possibilitam ao setor da construção civil ganhos significativos ao decorrer de toda a cadeia de valor e ciclo de vida das empresas, possibilitando vantagem competitiva e um considerável aumento na produtividade.

A implantação da tecnologia inteligente na construção civil se deve a Quarta Revolução Industrial, trazendo diversas mudanças significativas a partir do planejamento, processos de controle, gestão de obras, gestão financeira e comercial da empresa. De início essa tecnologia pode soar como uma ideia futurista, mas ao decorrer da aplicação destas tecnologias no setor da construção Civil, foi visto que já é uma realidade em algumas empresas no Brasil, como por exemplo, o software BIM, Drones, impressão 3D.

A Construção Civil executa um papel de grande importância, abrangendo uma soma de atividades para a economia, auxiliando de maneira considerável tanto para o desenvolvimento social como econômico. A pesquisa busca responder os seguintes questionamentos, quais os benefícios que a Indústria 4.0 trouxe para a construção civil no Brasil? Quais os desafios na inserção da Indústria 4.0?

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Estudar as contribuições tecnológicas da indústria 4.0 na construção civil nacional.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos dessa pesquisa são:

- Contextualizar as revoluções industriais antecedentes com a atual e seus efeitos na construção civil.
- Apresentar tecnologias que estão surgindo com a implantação da Indústria 4.0 no Brasil.
- Mostrar a relevância da implementação de novas tecnologias na Construção Civil.
- Mostrar os benefícios que a utilização de algumas tecnologias como: BIM, impressão 3D e o drone trouxe para a Construção Civil e seu impacto com a mesma.
- Analisar a implementação de novas tecnologias em empresas da região nordeste no ramo da construção civil.

3.1 REFERENCIAL TEÓRICO

3.3 AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS E OS SEUS EFEITOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Antes da origem da indústria, a forma de produção era manual, assim proporcionando pequenas produções e isso se tornou impossível se manter perante uma população que se desenvolvia de forma expressiva (SAKURAI; ZUCHI; 2018). Com o passar dos anos e as consecutivas inovações tecnológicas a indústria passou por significativas e profundas mudanças, todas auxiliaram para alterar de forma relevante o desenvolvimento de uma sociedade.

A Revolução Industrial afetou de maneira profunda e irreversível no modo de vida material e psicológica da humanidade, sendo resultado de uma aceleração, que seria nada mais que uma explosão de inovações, que somente poderia ter ocorrido como resultado desta trajetória de constantes transformações culturais, institucionais, organizacionais e tecnológicas (ROMEIRO, 2021).

A Primeira Revolução Industrial, que teve início na Inglaterra, foi uma fase de grande desenvolvimento tecnológico, com a colaboração e eficiência de três grandes homens: o engenheiro Mecânico, James Watt, pela invenção do motor a vapor (motor de combustão externa), o economista e filósofo escocês, Adam Smith com o livro “A Riqueza das Nações” e o Joseph Marie Jacquard sendo um tecelão e comerciante francês que produziu o primeiro tear programável, a partir do século XVIII. (CAVALCANTI et al 2018).

É importante destacar que a primeira Revolução Industrial foi a grande causa para o surgimento do capitalismo, que antes era comercial e passou a ser industrial (SAKURAI; ZUCHI, 2018). Como fundamental característica a invenção e produção das máquinas a vapor, que foram muito utilizadas em locomotivas e navios, logo trouxe grande impulso para o sistema capitalista, com ênfase na importante transição da manufatura artesanal para a industrial, sendo um sistema capitalista, óbvio que teve seus aspectos negativos, como por exemplo: a exploração a mão de obra e condições precárias de trabalho, além disso promoveu uma verdadeira revolução, principalmente para o sistema de transporte (SOUZA e VIEIRA, 2020).

Embora a primeira revolução industrial tenha contribuído para a propagação do colonialismo e para a degradação ambiental, apesar disso teve sua parcela de

contribuição para tornar o mundo mais próspero, em relação com o setor industrial (SCHWAB, 2018).

Ainda levando em conta a primeira revolução industrial foi possível notar que a mesma contribuiu na grande escala de produção do ferro utilizado na construção civil, que por sua vez utilizou o carvão como fonte de energia principal. Como também com o processo de descarbonização, de laminação, o uso do jato de água quente e do martelo a vapor, foram executadas peças de uma maior qualidade e facilidade, assim incorporando o ferro na indústria da construção civil (ROCKER, 2021).

A Segunda Revolução Industrial teve início em 1850 a 1950 nos Estados Unidos, nesse intervalo de tempo cheio de descobertas rápidas e amplas, sendo essas descobertas a maioria científicas e poucas empíricas, duas grandes descobertas dessa época foram a eletricidade e o motor a combustão externa. No seu leque de descobertas, a segunda revolução teve como o uso de novas tecnologias aplicadas aos meios de transporte e máquinas industriais, como também a introdução do uso do petróleo e energia elétricas como principais fontes de energia, assim abrindo espaço para o início de sistemas de produção mais eficientes e produtivos (SOUZA e VIEIRA, 2020)

No setor da construção civil na segunda revolução industrial agregou por meio da invenção do concreto armado. No entanto, a sua utilização na construção civil só se generalizou após esforços de Gustav Adolf Wayss e François Hennebique desenvolvendo um sistema construtivo industrializado. A junção do concreto com o aço, se designa concreto armado que tem como função resistir a tração e compressão (ROCKER, 2021).

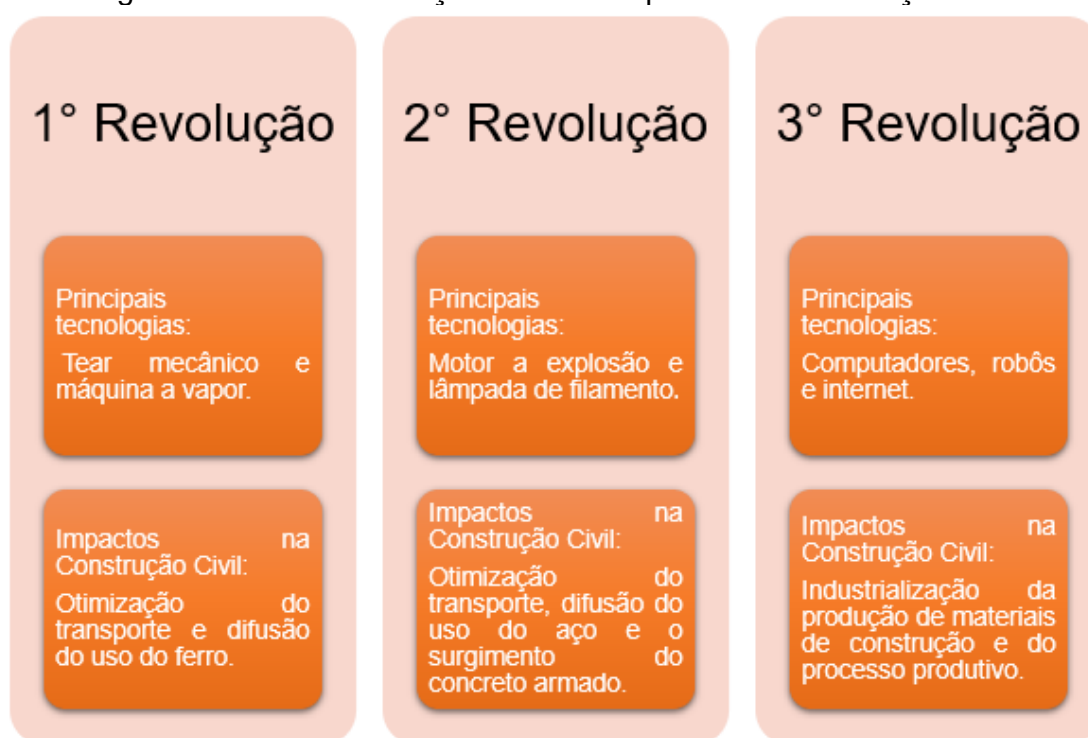
Após a Segunda Guerra Mundial teve início a Terceira Revolução industrial que também ocorreu nos Estados Unidos, que alcançou um grande desenvolvimento no setor industrial sendo aliado ao desenvolvimento do campo científico, não ficando só nisso, houve mudanças também no modo de comunicação da sociedade. Das grandes criações desta época, surgiram os novos computadores e softwares ligados ao surgimento da internet. Houve uma crescente na conscientização ao meio ambiente. Não podendo esquecer da implantação da energia nuclear, juntamente com o uso da tecnologia e a melhoria das imposições de trabalho e direitos trabalhistas, ocasionando para o sistema capitalista uma questão menos injusta (SOUZA; VIEIRA, 2020).

Com o desenvolvimento da terceira revolução industrial, foi possível perceber o uso de sistemas de produção cyber físicos com a tendência de uma automatização total das fábricas, com uma produção quase autônoma, uma fábrica inteligente que combina máquinas com processos digitais, tomando decisões descentralizadas e de cooperação com humanos (JESUS et al., 2020).

Devido os avanços tecnológicos ocasionados pela terceira revolução industrial, a construção civil passou a utilizar a computação, robótica, a industrialização da produção dos materiais da construção e do processo construtivo, já a computação contribuiu para a elaboração de projetos mais detalhados, através dos softwares como o CAD (computer aided design), que facilitou o planejamento e controle das obras.

Assim pôde-se fazer uma analogia das três revoluções industriais e seus impactos na construção civil, de acordo com a figura 1:

Figura 1 - As três revoluções e seus impactos na construção civil



Fonte: Autor, 2022.

Frente a essa intensa modernização, mudança social, cultural e econômica, assim como ocorreu ao longo dos anos, o homem continuou investindo em

desenvolvimento tecnológico e assim nasceu a Indústria 4.0 (SAKURAI; ZUCHI; 2018).

3.2 INDÚSTRIA 4.0

A quarta Revolução Industrial ou a Indústria 4.0 tem seu termo usado pela primeira vez em 2011, originou-se de um projeto de estratégias do governo alemão voltado para a tecnologia (SILVEIRA, 2017). A partir daí grandes eventos mundiais e nacionais aconteceram em torno do tema, a exemplo da edição 2016 do Fórum Econômico Mundial, na Suíça, em que líderes do mundo inteiro se reúnem desde 1971 para discutir temas de interesse global. Em Davos, naquele ano, a “Revolução Industrial” destacou-se como tema central e, no Brasil o conceito da Indústria 4.0 chegou também em 2016 e tem sido campo de ampla discussão, inclusive por entidades representativas da indústria, como a Confederação Nacional da Indústria (2016) (SOUZA; VIEIRA, 2020).

De acordo com Schwab (2016, p.21)

Nessa revolução, as tecnologias emergentes e as inovações generalizadas são difundidas muito mais rápida e amplamente do que nas anteriores, as quais continuam a desdobrar-se em algumas partes do mundo. A segunda revolução industrial precisa ainda ser plenamente vivida por 17% da população mundial, pois quase 1,3 bilhão de pessoas ainda não têm acesso a eletricidade. Isso também é válido para a terceira revolução industrial, já que mais da metade da população mundial, 4 bilhões de pessoas, vive em países em desenvolvimento sem acesso à internet. O tear mecanizado (a marca da primeira revolução industrial) levou quase 120 anos para se espalhar fora da Europa. Em contraste, a internet espalhou-se pelo globo em menos de uma década.

A Indústria 4.0 tem como principal foco a conectividade, isto é, conectar toda uma indústria, desde a produção até o sistema de vendas, sendo uma realidade dessa nova Revolução Industrial (VENTURELLI, 2017). A quarta revolução industrial não consiste em uma pequena mudança, e sim um novo capítulo do desenvolvimento humano, com a mesma finalidade da primeira, segunda e terceira revolução industrial, em consequência da crescente disponibilidade e interação de um conjunto de tecnologias extraordinárias (SCHWAB, 2018).

De acordo com os SENAI os quatro passos fundamentais que a indústria nacional deve percorrer são:

1. A indústria deve enxugar seus processos produtivos, ou seja, as empresas precisam adotar métodos consagrados como manufatura enxuta, eficiência energética e produção mais limpa;
2. A indústria deve requalificar trabalhadores e gestores, por serem eles os responsáveis pela atualização tecnológica do setor;
3. A inserção na indústria 4.0 deve se iniciarem por tecnologias já disponíveis e de baixo custo, a indústria 4.0 antes de tudo deve ser vista, como instrumento para as empresas entenderem o que está ocorrendo em seu chão de fábrica;
4. A indústria deve investir em pesquisa, desenvolvimento e inovação. Inovar é vencer. A indústria Brasileira deve e precisa ousar no desenvolvimento de produtos inteligentes e conectados, que utilizem tecnologias disruptivas, capazes de afetar o mercado internacional.

Segundo Senai, este é um movimento sem volta e engana-se quem imagina que a indústria 4.0 será para poucos. É um movimento universal e que todas as empresas, independente do seu porte e seu setor de atuação, precisarão se adaptar se quiserem permanecer competitiva.

Para Schwab (2016) no livro A quarta revolução industrial, ele sustenta com convicção que diferente de alguns acadêmicos acreditar que a indústria 4.0 seria a continuação da terceira revolução, assim ele apresenta três razões que diferenciam essas revoluções das que estamos vivenciando:

Figura 2 - Aspectos da quarta revolução industrial.



Fonte: Schwab (2016, pág. 13)

Além da velocidade e amplitude, a indústria 4.0 é única em consequência da crescente harmonização e integração de muitas descobertas e disciplinas diferentes, as inovações que decorrem da correlação entre tecnologias diversas não são mais fora da realidade, em exemplo as tecnologias de fabricação digital podem interagir com o mundo biológico (SCHAWB, 2016).

Com a Industrial 4.0 surgiu a internet e com ela permitiu uma certa facilidade de comunicação entre longas e médias distâncias, como também aparelhos cada vez menores e mais baratos, tornando-se possível uma comunicação global. É uma revolução que influencia tanto economicamente como cultural, com tudo isso a indústria vai sofrer alterações em como produzir, nas relações a meio de pessoas e maquinários (uma mão de obra especializada), avanço/implantação tecnológico.

Diante deste contexto de diversas mudanças decorrentes da quarta revolução, a transformação digital, que por sua vez ainda não possui um conceito ou definição únicos, sendo o principal fenômeno consequente das inovações implementadas no campo da indústria 4.0 (SOUZA; VIEIRA, 2020).

3.2.1 PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0

Segundo Silveira (2017), existe seis princípios para o desenvolvimento e implantação da indústria 4.0:

- a) **Capacidade de operação em tempo integral:** é a aquisição e tratamento de informações de maneira rápida, logo assim liberando a tomada de decisões em tempo real;
- b) **Virtualização:** simulações já é realidade atualmente, mas o que a indústria 4.0 sugere é a existência de uma cópia virtual das fábricas inteligentes, diante disso autorizando a rastreabilidade e monitoramento remoto de todas as etapas através de sensores espalhados pela planta;
- c) **Descentralização:** as decisões podem ser realizadas pelo sistema *cyber-físico* segundo as necessidades da produção em tempo real;
- d) **Orientação a serviços:** utilização de arquiteturas de software orientadas a serviços aliado ao conceito de *internet of services*;
- e) **Modularidade:** produção de acordo com a demanda, acoplamento e desacoplamento de módulos na produção, o que oferece flexibilidade para alterar as tarefas das máquinas facilmente.
- f) **Interoperabilidade:** é a capacidade dos sistemas cyber-físicos, humanos e fábricas inteligentes comunicar-se uns com os outros por intermédio das coisas e da internet.

3.2.2 PILARES DA INDÚSTRIA 4.0

Com base nos seus princípios, é perceptível que a indústria 4.0 é uma realidade que aparece devido os avanços tecnológicos, com isso a mesma possui como pilares os seguintes tópicos (SILVEIRA, 2017):

- a) **Internet das coisas:** consiste na conexão em rede de objetos físicos, ambientes e máquinas por meio de dispositivos eletrônicos embarcados que

permitem a coleta de dados. Sistemas esses que funcionam a base da internet das coisas e são dotados de sensores e atuadores são denominados de sistemas Cyber-físicos, sendo a base da indústria 4.0.

- b) **Big Data Analytics:** são estruturas de dados muito extensas e complexas que utilizam novas abordagens para a captura, análise e gerenciamento de informações. A tecnologia de Big Data consiste em 6Cs para lidar com informações relevantes: conexão (à rede industrial e sensores), cloud (dados por demanda), Cyber (modelo e memória), conteúdo, compartilhamento das informações, personalização e valores.
- c) **Segurança:** um dos seus desafios está na segurança e robustez dos sistemas de informação. Problemas como falhas de transmissão na comunicação máquina-máquina, ou outros eventuais do sistema que possam causar transtornos na produção. Com toda essa conectividade, além disso também serão necessários sistemas que protejam o know-how da empresa, contido nos arquivos de controle dos processos.

3.3 BENEFÍCIOS DA INDÚSTRIA 4.0 NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria 4.0 tem inúmeros benefícios, os principais são os aspectos de produtividade e redução de custos, além disso, pode-se focar na melhoria da receita, nas oportunidades de transformação de negócios que ela pode proporcionar. A indústria 4.0 permite que empresas repensem completamente sua relação com os clientes e deixem de apenas vender produtos específicos, para passar a vender serviços, vender resultados, assim as empresas conseguem ter uma relação mais próxima com seus clientes, em consequência um aumento na sua margem de lucro a longo prazo, ao mesmo tempo que envolve seus clientes com produtos e serviços novos como no documentário A indústria 4.0, 2021.

De modo geral, segundo o SENAI os benefícios que a quarta revolução trouxeram para o setor industrial foram os seguintes:

- a) **ESTRATÉGICO:**

- Otimização de receita e da sustentabilidade em âmbito ambiental, social e econômico;

- Integração da cadeia produtiva;
- Maior competitividade e capacidade de adaptação ao mercado.

b) TÁTICO:

- Inteligência na fábrica, nos produtos, na cadeia de suprimentos e na inovação, proporcionada pela integração tecnológica de: internet das coisas e cyber-físico.

c) OPERACIONAL:

- Operacionalização por meio das tecnologias habilitadoras;
- Aumento de produtividade;
- Conectividade da produção;
- Análise em tempo real.

Tendo em vista os benefícios relatados acima, os avanços tecnológicos da Quarta Revolução Industrial beneficiam o controle e tomada de decisão dos processos produtivos sem a intervenção do ser humano, dessa maneira as máquinas em conjunto com os sistemas computacionais podem agir de maneira mais ágil, eficiente e racional. Resultando, nas empresas do setor da construção civil, com atuação regional, podendo ampliar exponencialmente a sua competitividade, entregando produtos de qualidade melhor. A implantação das tecnologias e dos conceitos inovadores proporcionam a diminuição do tempo de entrega das construções e redução do custo do material, da mão de obra e, dessa forma, dos seus produtos, aumentando a concepção do valor agregado aos clientes (ROCKER, 2021).

A tecnologia associada à indústria 4.0 tem auxiliado na diminuição do número de acidentes na área da engenharia civil ao longo dos anos (Júnior, 2021). As empresas na área da construção civil vêm utilizando a indústria 4.0, como maneira

para diminuir esse índice, diminuir o custo da mão de obra, além de uma maior eficiência no trabalho, visando o baixo custo e diminuição do tempo (CBCI, 2016).

As inovações tecnológicas colaboraram para a melhora das condições de trabalho, em oposição aos modelos dos dias atuais. O potencial de automatizar diversas etapas dentro da organização torna possível a diminuição das longas jornadas e da sobrecarga de trabalho imposta a diversos funcionários, melhorando o bem-estar de todos (ROCKER, 2021).

Os benefícios da chegada da indústria 4.0 na área da construção civil, é bem visível devido à redução de custos, aumento de produção e otimização de processos, desse modo, grandes empresas começaram a investir nessas novas tecnologias.

Além disso, temos a digitalização que significa o armazenamento de informações que parte do meio físico para o digital, com compartilhamento de informações em tempo real, assegurando transparência, integração, avaliação de progresso, risco e controle de qualidade. Dessa forma resultando em melhores e mais confiáveis resultados, aderindo uma melhora em um dos problemas do setor da construção: a produtividade (AGARWAL, CHANDRASEKARAN e SRIDHAR, 2016).

Para Souza et. Al. (2009), as experiências internacionais vêm solidificando a forte tendência da adoção da tecnologia que tem apresentado um grande potencial para ser aplicada no desenvolvimento de projetos no setor da Arquitetura e Engenharia, melhorando a produtividade e proporcionando aumento da qualidade.

Figura 3 - Principais benefícios que a indústria 4.0 trouxe para o setor da construção civil.



Fonte: autor, 2022.

3.4 DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0 NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Existem desafios para o setor público e para o setor privado, mas acima de tudo há uma gigantesca oportunidade. A indústria brasileira tem a chance de, por meio do emprego de tecnologias digitais, dar um salto de produtividade que nos permitirá reduzir a distância para as nações desenvolvidas. Mas é preciso senso de urgência, pois as principais nações industrializadas inseriram essas transformações no centro de suas estratégias de política industrial (SENAI)

Desafios que precisam ser vistos pelos gestores ao implementarem as novas tecnologias, é a contratação de funcionários especializados, por se tratar de novas tecnologias, pode ser difícil encontrar profissionais capacitados. Por isso, a empresa necessita estar a par do investimento, tanto em novas tecnologias como no treinamento dos colaboradores (SANTOS, 2021).

Dentre outros desafios vale destacar também: a sua complexidade, a incerteza de processos, a cadeia de suprimentos fragmentada, o planejamento a

curto prazo, os fatores financeiros, a falta de uma cultura inovadora (SANTOS, 2021).

Vale ressaltar que o setor da construção tem problemas em adotar inovações de processo e tecnologia. O planejamento do projeto, por exemplo, permanece descoordenado entre o escritório e o campo e muitas vezes é realizado o processo no papel. A indústria ainda não adotou novas tecnologias digitais que precisam de investimento inicial, mesmo que os benefícios sejam significativos em longo prazo. Os gastos com pesquisa e desenvolvimento na construção ficam bem atrás dos de outras indústrias: menos de 1% das receitas, contra 3,5 a 4,5% para os setores automotivo e aeroespacial (AGARWAL, CHANDRASEKARAN e SRIDHAR, 2016).

Os desafios técnicos específicos do setor da construção têm um papel no ritmo lento da digitalização. A implantação de soluções em canteiros de obras para vários setores geograficamente dispersos não é tarefa fácil. E dados os diferentes níveis de sofisticação das pequenas empresas de construção que geralmente funcionam como subcontratadas, construir novos recursos em escala é outro desafio evidente na realidade atual (AGARWAL, CHANDRASEKARAN e SRIDHAR, 2016).

Apesar dos desafios enfrentados, a indústria da construção civil deve se adaptar a uma economia global em constante mudança. Os avanços da Indústria 4.0 não apenas possibilita produtividade e ganhos de competitividade, como também tem potencial em reverter os impactos causados pelas Revoluções Industriais anteriores (ROCKER, 2021).

3.5 APLICABILIDADE DAS NOVAS TECNOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As novas tecnologias oriundas da 4ª revolução, evidenciam a oportunidade que está surgindo no ramo de impressão 3D, por suas aplicações serem de suma importância e facilidade no decorrer das construções, por exemplo, impressão de peças e componentes, é utilizado concreto, material semilíquido. Foi preciso mais tempo para desenvolver uma impressora capaz de utilizar o concreto como matéria-prima em grandes peças, sendo capaz até de construir casas de pequeno porte. Como vantagem da produção através da impressão 3D é a aptidão de construir formas complexas, sem a necessidade de moldes específicos. (RIBEIRO, 2019)

Esse tipo de produção se chama Manufatura Aditiva, é um meio de produção que a Quarta Revolução Industrial proporcionou. As primeiras impressoras 3D produzem peças de pequeno porte, assim depois foram utilizadas para a criação de modelos 3D, que representavam obras e projetos. Estas foram as primeiras utilidades que a impressão 3D teve na construção (RIBEIRO, 2019).

A impressão 3D em concreto pode ocorrer no local da construção ou em ambientes controlados produzindo peça por peça, a diferença é o nível de controle das etapas. A etapa feita na área de construção está sujeita a uma série de variáveis, mas não demanda de montagem. O de ambientes controlados é utilizado uma etapa fabril, tendo o controle dos materiais, da temperatura e da umidade, tudo isso em uma linha de produção sucessiva (RIBEIRO, 2019).

A figura 4 representa a primeira casa modelo impressa em 3D no Brasil em Macaíba-RN, tempo de construção de 1 semana corrida, idealizada pela 3DHomeConstrution, com a ajuda da InovaHouse3D onde são feitas impressoras 3D, conhecida por Alya 130.

Figura 4 - Casa impressa 3D com tecnologia Brasileira.



Fonte: Inovahouse3D, 2020.

Outro equipamento que está ocupando espaço no setor da construção civil são os Drones, podendo ser controlados por smartphones, tornando assim o processo de gerenciamento da obra mais objetivo e produtivo (PORTO, KADLEC, 2018). O Drone auxilia em várias situações, por exemplo, a gerar um relatório capaz de garantir a qualidade do projeto, a obtenção de fotos e perícias. (BARDUCCO, CONSTÂNCIO, 2019)

O uso de drones tem sido uma das vantagens que a indústria 4.0 trouxe para a construção civil, em grande maioria dos casos utilizadas em terrenos com difícil acesso, permitindo assim averiguar todo o terreno, em segurança. Anteriormente era difícil conseguir uma visão de todo o canteiro de obra, agora é possível fazer levantamentos topográficos, inspeções, acompanhamento de obras. (BARDUCCO, CONSTÂNCIA, 2019. PORTO, KADLEC, 2018)

Segundo o grupo Hard (2019) as funções que os drones desempenham na Construção Civil:

1. Mapeamento de áreas: o levantamento da viabilidade do telhado e a identificação de patologias;
2. Inspeção do canteiro de obras: é capaz de realizar a inspeção visual em áreas de alto risco, reduzindo o tempo gasto e aumentando as condições de saúde ou segurança;
3. Planejamento dinâmico: é frequente os engenheiros de Construção Civil trabalharem em locais remotos ou extensos, mudando rapidamente. Nesses casos, os drones têm a função de fornecer uma visualização dinâmica;
4. Relatórios de progresso do projeto: o voo regular do drone é uma maneira rápida de registrar e visualizar o desempenho do que foi feito;
5. Fotografia promocional: o impacto de uma boa fotografia nunca foi tão importante, quanto atualmente, momento em que o marketing digital está em constante crescimento;
6. Economia: quando se consegue identificar as partes do projeto que saem do controle, logo é capaz de evitar problemas e monitorar rigorosamente o local de trabalho em tempo real;
7. Segurança: devido a capacidade de manobra e o seu tamanho, esses equipamentos conseguem chegar a locais que oferecem riscos para os engenheiros.

Figura 5 - Uso de drones no canteiro de obras.



Fonte: Grupo Hard, 2019.

Quando se fala em projetos e modelagens na Construção Civil, já se associa a plataforma BIM, que engloba tecnologias utilizadas na Modelagem, Planejamento e Orçamento. Segundo a Sienge Platform (Plataforma especialista em softwares de gestão e operação para empresas da construção civil), o software Revit é um dos mais pesquisados no mercado atual quando se trata desta tecnologia. O Revit é apto para modelar todos os componentes em um projeto, podendo incluir camadas e ditar espessuras em uma parede de alvenaria, como também importar um projeto CAD (PORTO E KADLEC, 2018).

A ferramenta BIM foi desenvolvida para aumentar a compatibilidade de projetos, otimizando a produtividade e eliminando os erros de execução e também reduzindo riscos no canteiro de obras como a prevenção e simulação de acidentes, por exemplo, utilizando as realidades aumentada e virtual integradas como o BIM (ROCKER, 2021. JÚNIOR, 2021). Instruindo aos engenheiros e arquitetos conseguir chegar mais próximo dos resultados desejados, mesmo que a obra ainda não tenha sido iniciada, o BIM e seus projetos 3D e 4D servem para o projetista visualizar sua obra e assim diminuir possíveis problemas.

O Governo Federal, com intuito de promover a modernização e a transformação digital da construção, criou em junho de 2017 o Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modelling - CE-BIM, logo assim com o intuito de inserir a Construção Civil na Indústria 4.0

Segundo o art. 2º do decreto 9.983 de 22 de agosto de 2019, a estratégia BIM BR, tem os seguintes objetivos (BRASIL, 2018):

- I. difundir o BIM e os seus benefícios;
- II. coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- III. criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
- IV. estimular a capacitação em BIM;
- V. propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM;
- VI. desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM;
- VII. desenvolver a plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
- VIII. estimular o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM;
- IX. incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

A estratégia BIM BR, almeja alcançar os seguintes resultados (BRASIL, 2018):

- I. Assegurar ganhos de produtividade ao setor de construção civil;
- II. Proporcionar ganhos de qualidade nas obras públicas;
- III. Aumentar a acurácia no planejamento de execução de obras proporcionando maior confiabilidade de cronogramas e orçamentação;
- IV. Contribuir com ganhos em sustentabilidade por meio da redução de resíduos sólidos da construção civil;
- V. Reduzir prazos para conclusão de obras;
- VI. Contribuir com a melhoria da transparência nos processos licitatórios;

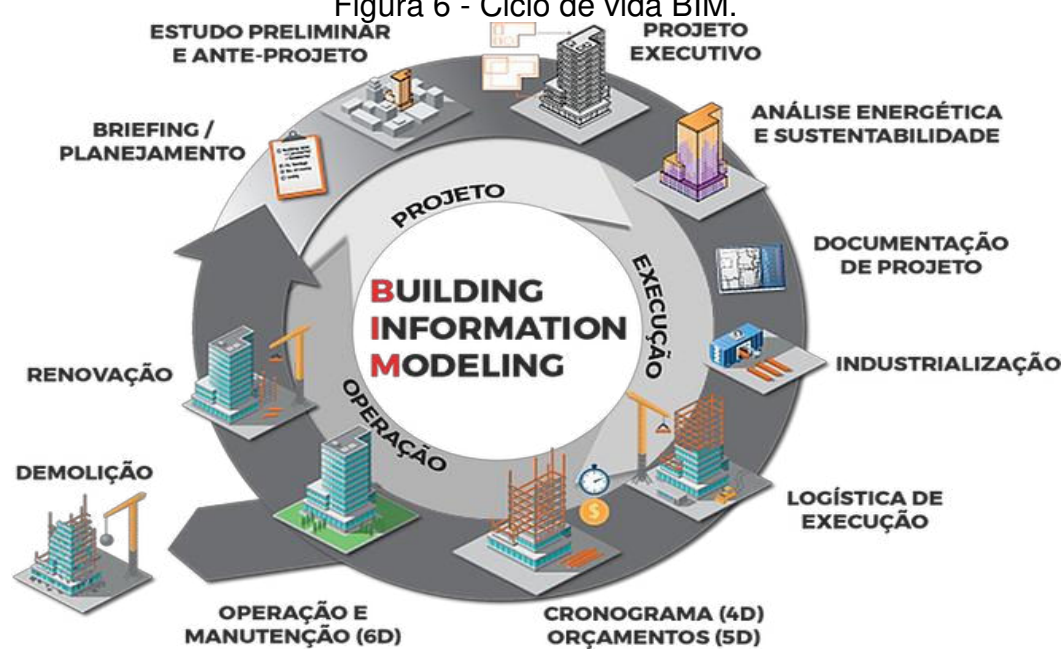
- VII. Reduzir necessidade de aditivos contratuais de alteração do projeto, de elevação de valor e de prorrogação de prazo de conclusão e de entrega da obra;
- VIII. Elevar o nível de qualificação profissional na atividade produtiva;
- IX. Estimular a redução de custos existentes no ciclo de vida dos empreendimentos.

Com a introdução dos objetivos, a estratégica BIM BR almeja alcançar as seguintes metas (BRASIL, 2018):

- I. Aumentar a produtividade das empresas em 10% (produção por trabalhador das empresas que adotarem o BIM);
- II. Reduzir custos em 9,7% (custos de produção das empresas que adotarem o BIM); aumentar em 10 vezes a adoção do BIM (hoje 5% do PIB da Construção Civil adota o BIM, a meta é que 50% do PIB da Construção Civil adote o BIM);
- III. Elevar em 28,9% o PIB da Construção Civil (com a adoção do BIM, o PIB do setor, ao invés de se elevar 2,0% ao ano, patamar estimado sem alterações no status quo, elevar-se-á em 2,6% entre 2018 e 2028, ou seja, terá aumentado 28,9% no período, atingindo um patamar de produção inédito).

Segundo Souza et. Al. (2009), as empresas motivadas pelas inúmeras possibilidades e facilidades apresentadas pela tecnologia BIM, alguns escritórios de projeto brasileiros acompanharam o movimento internacional, lançando-se na vanguarda da aplicação dos sistemas BIM em suas empresas ainda no início de 2000. Este processo intensificou-se nos últimos anos, devido à evolução dos programas e estímulos para compra dos softwares, fazendo-os migrar para a prateleira dos escritórios, mas não definitivamente para as máquinas dos projetistas.

Figura 6 - Ciclo de vida BIM.



Fonte: Martini, 2018.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

De acordo com Lozada e Nunes (2019), os objetivos de uma pesquisa são diversos: observar um fenômeno, gerar novas ideias, conhecer fatos, proporcionar avanços para a ciência, entre muitas outras possibilidades. O intuito desta pesquisa é esclarecer questões referentes a Quarta Revolução Industrial e suas tecnologias no setor da Construção Civil, logo apresentando seus benefícios e desafios para a sua implantação nesse setor.

4.1 Tipo de pesquisa

Trata-se de uma pesquisa de caráter exploratório e descritivo com abordagem quantitativa e qualitativa, com o objetivo de fornecer informações e estabelecer bases que leve ao resultado esperado. Segundo Fonseca (2002), a utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa, permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente.

Em relação a natureza da pesquisa, a mesma pode ser classificada como aplicada referente a implantações práticas, dessa forma, ocorre uma relação direta entre causa e consequências práticas. De acordo com Appolinário (2004) pesquisas aplicadas têm o objetivo de “resolver problemas ou necessidades concretas e imediatas.”

O estudo foi realizado através de pesquisas bibliográficas e estudos de casos. No qual, a pesquisa bibliográfica se emprega na exploração de materiais como: Livros, artigos, trabalhos de monografia, tabela, relatórios e sites confiáveis. Na segunda fase, caracterizou-se a partir de entrevista com empresas no Nordeste, no qual foram abordados assuntos referentes às mudanças que a indústria 4.0 trouxe para a Construção Civil.

4.2 Universo e Amostra

Para reconhecimento e especificação da amostra, o questionário composto por 11 perguntas, foi desenvolvido a partir do conhecimento adquirido, proporcionando dados sobre a implantação e o impacto que as novas tecnologias podem alavancar no setor da Construção Civil. O universo de pesquisa é composto por 22 empresas da área da Construção Civil localizadas no Nordeste.

4.3 Instrumentos de coletas de dados

Para a elaboração do presente estudo, o questionário está localizado no apêndice A, contem 11 perguntas sendo formuladas a partir de pesquisas sobre a indústria 4.0, o mesmo foi aplicado aplicada pelo google forms e enviadas por e-mail, nas quais foram respondidas por gerentes das empresas em estudo, sendo esse um total de 100% do universo.

4.4 Método de análise

A partir da coleta de dados, o método de análise teve como princípio questionários e tabelas, por conseguinte foi possível organizar os resultados encontrados, analisados e discutidos.

Figura 7 - Etapas metodológicas.



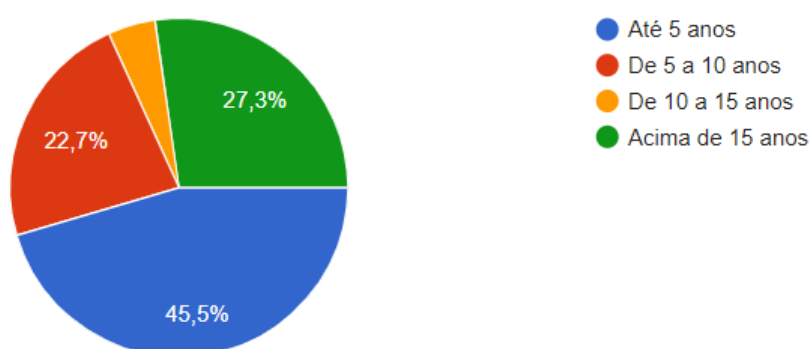
Fonte: Autor, 2022.

5 RESULTADO

De acordo com a pesquisa realizada, notou-se que o tempo de experiência no mercado de trabalho da maioria dos profissionais que participaram da entrevista teve uma maior concentração em até 5 anos (45,5%). Ainda assim, pode-se afirmar que 50% dos entrevistados da pesquisa possui mais de 5 anos de experiência profissional, conforme o Gráfico 1.

O tempo de experiência é de suma importância, pois é ele que vai transparecer uma maior confiabilidade sobre a qualidade das amostras a respeito das inovações no setor.

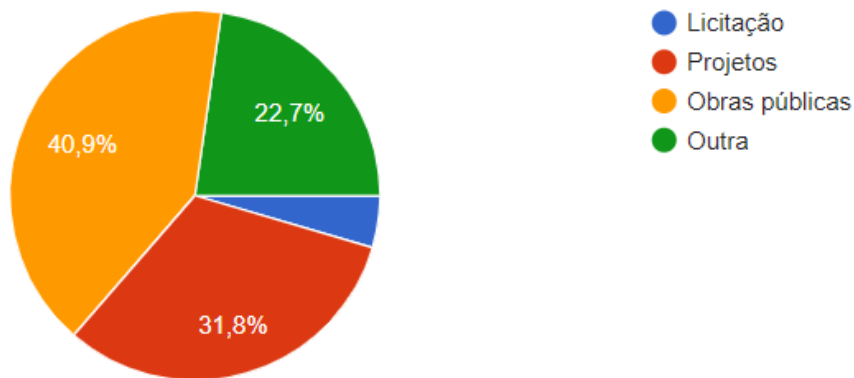
Gráfico 1 -Tempo de experiência no mercado de trabalho



Fonte: Autor, 2022.

Para uma melhor definição da amostra, foi solicitado aos entrevistados que apresentassem suas áreas de atuação na construção civil. Verifica-se que no Gráfico 2 cerca de 40,9% atuam em obras públicas, 31,8% em projetos. Sendo assim só 4,6% dos respondentes trabalham com licitações e 22,7% em outras áreas.

Gráfico 2 - Áreas de atuação na construção civil.

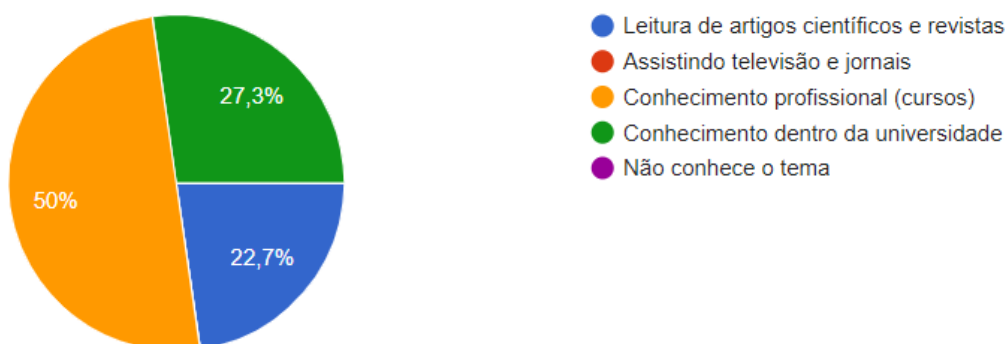


Fonte: Autor, 2022.

Os meios de comunicação utilizados para adquirir o conhecimento sobre essa nova era foram leituras de artigos científicos e revistas, televisão e jornais, conhecimento profissional (cursos) e conhecimento dentro da universidade. Conforme o Gráfico 3 cerca de 50% conhecem o tema através do conhecimento profissional (cursos), já os outros 50% foi dividido entre leitura de artigos científicos e revistas (22,7%) e conhecimento dentro da universidade (27,3%), nenhum dos entrevistados tiveram contato com o tema através de televisão e jornais, e um total de 100% da amostra conhece sobre o tema.

Nesse aspecto, a indústria 4.0 é as novas tecnologias que trazem facilidade e agilidade à construção. No Gráfico 3, foi visto que os meios televisivos não retratam desse assunto como deveria, mas com tudo isso existe meios que abordam esse assunto, principalmente cursos ou a vivência profissional de cada profissional, sendo de grande importância para o crescimento produtivo, quanto econômico.

Gráfico 3 - Meios de comunicação.

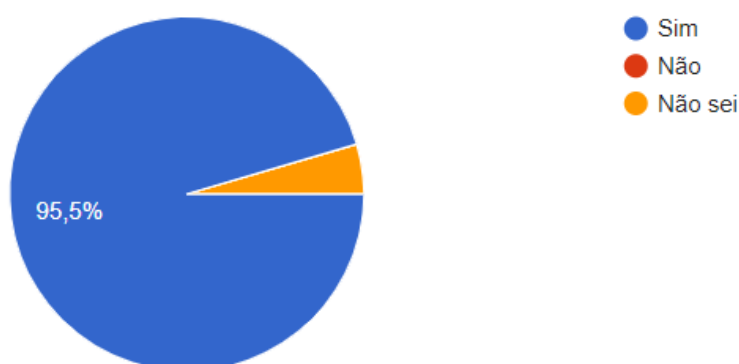


Fonte: Autor, 2022.

Foi também analisado se, no ponto de vista dos entrevistados a implantação da indústria 4.0 irá trazer benefícios para a construção civil, no Gráfico 4, 95,5% da amostra responderam que a indústria 4.0 trará benefícios para o setor e, cerca de 0,5% responderam que não sabia, visto que uma minoria insignificante.

De acordo com o estudo percebe-se que a maioria dos colaboradores consideram importante o acontecimento da quarta revolução na construção e o que ela pode oferecer, deste modo, nota-se a necessidade da inserção da mesma no setor construtivo.

Gráfico 4 - Benefícios da indústria 4.0 para com a construção civil.



Fonte: Autor, 2022.

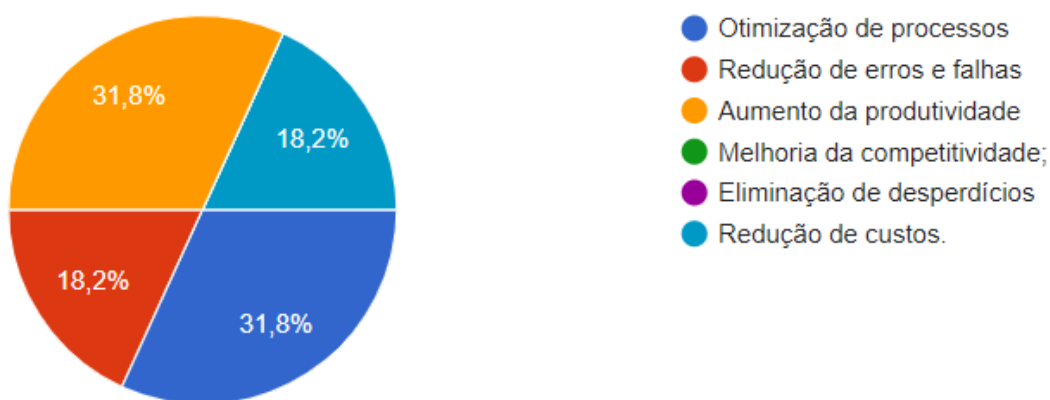
Em pergunta aberta, foi solicitado que os entrevistados apontassem quais benefícios a indústria 4.0 trouxe para a construção civil. Conforme a opinião dos entrevistados, foram: maior produtividade, qualidade elevada, redução de custos,

otimização da gestão, aumento da competitividade, diminuir prazos, maior eficiência, maior planejamento, controle de obra, compatibilização de diferentes projetos e rapidez na entrega de projetos.

Em relação aos benefícios que a indústria 4.0 trouxe para a Construção Civil, de acordo com os entrevistados e apresentado no Gráfico 5, os mais notáveis entre os seis foram, otimização de processos (31,8%) e aumento da produtividade (31,8%), já nenhum dos respondentes optaram por melhoria da competitividade.

Essa pesquisa só reforçou o que já foi relatado por diversos autores e apresentado no tópico 3.3 benefícios da indústria 4.0 na construção civil.

Gráfico 5 - Benefícios da indústria na construção civil.

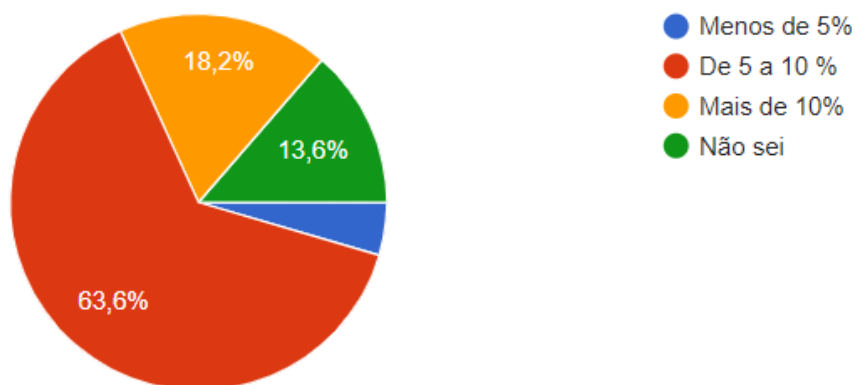


Fonte: Autor, 2022.

A respeito da estimativa da redução dos custos a obra de construção, cerca de 63,6% responderam que o custo irá reduzir de 5% a 10%, como também 18,2% responderam mais de 10% e 13,6% dos profissionais entrevistados não souberam estimar a redução.

Nessa análise sugere-se que as empresas utilizem as ferramentas tecnológicas disponíveis no mercado de trabalho, para que dessa forma alcance essa redução de custo esperada.

Gráfico 6 - Estimativa de redução dos custos em obras na construção civil através da indústria 4.0.

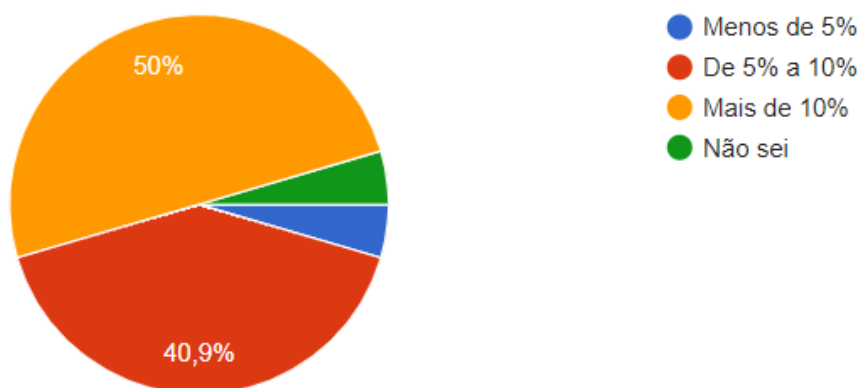


Fonte: Autor, 2022.

Em relação ao aumento da produtividade nas obras, cerca de 50% dos entrevistados estimaram que irá ter um aumento de mais de 10% na produtividade, já 40,9% estimaram um aumento de 5% a 10% e só 4,5% não souberam estimar.

Percebe-se que o aumento da produtividade decorrente das tecnologias da indústria 4.0, é um dos maiores benefícios para a construção civil. Portanto deve-se implementar estratégias que ocasionem o aumento da produtividade, como: tecnologias que buscam cada vez mais facilidade e rapidez nos processos produtivos, ferramenta BIM, ferramentas de gerenciamento e entre outros.

Gráfico 7 - Aumento da produtividade nas obras relacionando a indústria 4.0.



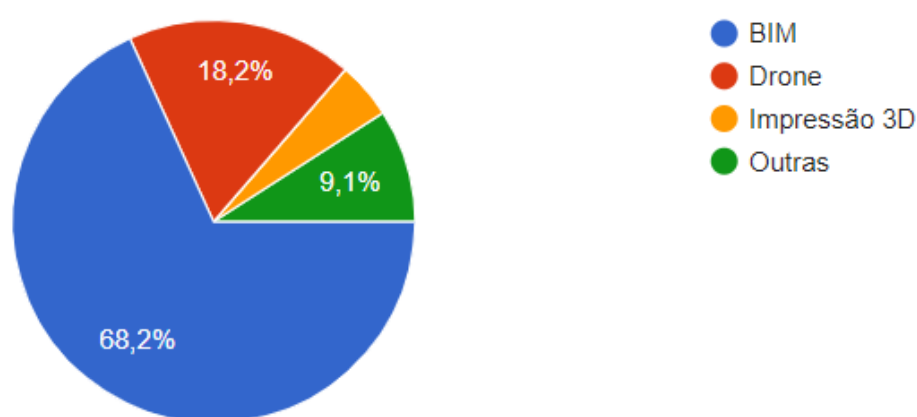
Fonte: Autor, 2022.

Foi questionado aos respondentes qual tecnologia é utilizada em sua empresa, ao analisar o Gráfico 8, foi visto que mais de 50% da amostra se beneficia com a utilização da ferramenta BIM, e conforme o gráfico seguinte cerca de 68,2% utilizam o BIM, em seguida só 18,2% utilizam o Drone, por volta de apenas 4,5% utilizam a impressão 3D, em virtude das várias tecnologias advindas da indústria 4.0, em torno de 9,1% dos entrevistados usufrui de outras tecnologias no setor da Construção.

Através do gráfico 8, identifica-se que as empresas em estudo, a tecnologia predominante é o BIM. Sugere-se que elas busquem um conhecimento amplo e promissor, sobre as outras duas tecnologias citadas, o drone e a impressora 3D, já visto no tópico 3.5 Aplicabilidade das novas tecnologias na construção civil.

Segundo Ribeiro (2019), a plataforma BIM é uma das tecnologias com maior potencial de crescimento atualmente, visto que parte das empresas já adotou a plataforma e comprovou as suas vantagens. Dentre as empresas do setor da construção, 9,2% já implantaram a ferramenta BIM, estas empresas correspondem a 5% do PIB da construção civil (CEBIM, 2018).

Gráfico 8 - Tecnologias utilizadas pelas empresas da construção civil.



Fonte: Autor, 2022.

A escassez de mão-de-obra especializada, a resistência à mudança, o alto investimento com máquinas e treinamento, como veremos adiante, são alguns fatores que dificultam a implantação efetiva da tecnologia.

Souza et. Al. (2009) relatou diversos problemas na migração da tecnologia tradicional atual para novos sistemas de informação, nas quais seriam, o alto custo dos softwares, resistência a mudança pelos colaboradores e entre outros.

Relacionando com as desvantagens que as novas tecnologias trouxeram para a Construção Civil, foi questionado aos entrevistados, quais seriam elas em seu ponto de vista: alto investimento, mão de obra capacitada, redução de postos de trabalho. A maioria dos entrevistados se sentiram preocupados e colocaram ênfase na redução de postos de trabalho, ocasionando o desemprego no setor da construção e a falta de especialização da mão de obra que muitas das empresas não estão dispostas a arcar com as despesas, assim serão descartados esses profissionais.

Um dos outros questionamentos para os entrevistados, foram: tendo em vista dos diversos benefícios que a indústria 4.0 trouxe para a construção civil, porque a maioria das empresas ainda não utilizam as inovações disponíveis no mercado? quais desafios existentes para a implantação da indústria 4.0 no setor da construção civil?

As dificuldades continuam e segundo a opinião dos profissionais questionados foram: o valor da licença dos softwares; falta de conhecimento e da obrigatoriedade por meio dos órgãos gestores, tendo em vista que a implantação do BIM só é lei a partir de 2023, isso falando de licitações e obras públicas; falta de conhecimento acerca das tecnologias causa incerteza em algumas empresas; receio de inovar; falta de incentivo dentro da empresa, por meio de cursos; falta de qualificação dos profissionais; dificuldade em mudar a logística da empresa; falta de incentivo governamental; alto custo da implantação.

Por ser uma revolução em fase de implementação, existem alguns desafios a serem percorridos, pois a inserção de novas tecnologias no ambiente de trabalho traz a responsabilidade de modificar toda uma cultura empresarial, com constantes treinamentos de equipes, como também um alto investimento para essa implantação. Um dos maiores desafios justamente será fazer com que a comunidade possa observar que os benefícios são muitos e o quanto vale a pena implementar essas tecnologias dentro de sua empresa.

Segundo Neoway (2020), a construção civil é um dos setores significativos para a economia brasileira, no entanto está entre os que menos investem em inovação, apesar disso já há um grande movimento para mudar essa realidade e incorporar inovação na construção civil. Por fim, o investimento em novas tecnologias já deixou de ser um diferencial para se tornar um coeficiente dominante para a sobrevivência das empresas, passando a agir com maior competência e fornecendo mais valor para o mercado e para os clientes.

Como resultado da pesquisa com os profissionais da área da construção civil, pode-se analisar a existência de diversos aspectos tanto positivos como negativos a respeito da implantação da indústria 4.0 no setor de construção.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa buscou, em especial, mostrar as contribuições que as tecnologias advindas da indústria 4.0 trouxeram à construção civil nacional. De modo geral foi possível analisar que a implantação da indústria 4.0, com ênfase na construção civil tem seus entraves de acordo com os recursos disponíveis ou até mesmo da qualificação profissional adequada para a conveniente utilização das tecnologias citadas anteriormente, como apresenta os resultados da pesquisa.

Dessa forma, nesta pesquisa foram demonstradas as funcionalidades e benefícios da ferramenta BIM, Drone e impressão 3D, utilizadas em um cenário prático, foi visto que a adoção dessas ferramentas ocasionando uma compactação na gestão de projetos, diminuição de tempo da entrega dos projetos e diminuição do tempo de execução das obras.

Nessa configuração, foi possível analisar e entender os seguintes pontos:

- Na indústria 4.0, as empresas pesquisadas tem total conhecimento sobre o assunto, mas não um conhecimento que seja disposto a executar a implementação de todas as ferramentas, um dos métodos para total adesão desse novo sistema, é a união entre empresas e fornecedores das tecnologias, visto que um dos pontos negativos seria o custo elevado das tecnologias.
- A ferramenta BIM é a tecnologia mais usual das empresas na construção civil, dentro dos respondentes e a sua implementação neste setor permitiu uma gestão de planejamento dos projetos, em consequência uma redução de falhas.

No que se refere aos objetivos secundários, as revoluções anteriores causaram diversas melhorias na sociedade e rapidez/aumento de produtividade, atualmente fazendo-se comparação da revolução que estamos vivenciando hoje para com as revoluções anteriores, ela trouxe ainda mais velocidade, amplitude e profundidade, e um impacto no sistema, tudo isso devido as novas tecnologias como: a ferramenta BIM, drones, impressoras 3D e outros, dessa maneira é de fundamental importância, pois ela apresenta possibilidades que vão trazer impactos positivos e alavancar ainda mais sua empresa.

Portanto, este estudo conseguiu atingir seu objetivo possibilitando um conhecimento maior sobre a indústria 4.0 e suas ferramentas, apresentando que o seu uso pode gerar um aumento na produtividade, diminuição de custos, compatibilização de projetos, redução de falhas (falhas essas que podem ser visualizadas antes mesmo da execução da obra), mais segurança para os engenheiros de execução e aumento da competitividade. Por fim, fica com as empresas buscarem uma ferramenta que se encaixe em seu processo de produção e recurso financeiro, dessa forma buscando utilizar todas as suas funcionalidades para que alcance os resultados positivos envolvidos na execução e etapas dos processos construtivos.

.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APPOLINÁRIO, F. **Dicionário de metodologia científica: um guia para a produção**

do conhecimento científico. São Paulo: Atlas, 2004

AGARWAL, R.; CHANDRASEKARAN, S.; SRIDHAR, M. **Imagining construction's digital future.** McKinsey&Company. Singapura. 2016.

BARDUCCO, Ana Paula Santos; CONSTÂNCIO, Beatriz Marques. **Indústria 4.0: Tecnologias emergentes no cenário da Construção Civil e suas aplicabilidades:** 2019. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2019.

BRASIL, Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Decreto Nº 9.983, de 22 de agosto de 2019.** Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9983.htm#art15 >. Acesso em: 12 maio **2022**.

CAVALCANTI, Vladyr; SOUZA, George; SODRÉ, Marcelle; ABREU, Márcia; MARCIEL, Tuanny; SILVA, José. INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: **Revista Campo do Saber-ISSN 2447-5017:** Morada Nova, v. 4, n. 4, p. 146-158, ago. 2018.

CBIC. **Resultado do PIB Brasil e da construção no 1º trimestre surpreendem.** Brasília: CBIC, 2021.

CBCI. Câmara Brasileira da Construção Civil. Catálogo da Construção Civil. Brasília: CBIC, 2016.

CE-BIM, C. E. D. B.-. **BIM BR: construção inteligente**. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. [S.l.]. 2018.

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. Rumo a Indústria 4.0. Coimbra, 2016. Disponível em: www.estudogeral.sib.u.pt/bitstream/10316/36992/1/tese%20pedro%20coelho%20%3%ao%20industria%204.pdf > Acesso em: 11/05/2018

DALENOGARE, Lucas Santos. **A Indústria 4.0 no Brasil: Um estudo dos benefícios esperados e tecnologias habilitadoras**: 2018. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação na Área de Concentração em Sistemas de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

FIRJAN. A Indústria 4.0 no Brasil: Oportunidades, perspectivas e desafios. **Tendências e Inovações**, Rio de Janeiro, jan. 2019.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. (Apostila)

GRUPOHARD. **Drones na construção civil: entenda como utilizá-los no dia-a-dia da obra**. Disponível em: < <https://blog.hard.com.br/drones-na-construcao-civil-entenda-como-utiliza-los-no-dia-a-dia-da-obra/> >. Acesso em: 30 de abril 2022.

INDÚSTRIA 4.0. Direção: Pedro Saad, Mathew Shirts, Fabrício Callinucci, Cadu Machado, Fabiano Maciel. Produção: Produtora Brasileira. Site. 2021. 45:45. Disponível em: https://mundocorporativo.deloitte.com.br/industria-4-0-antes-e-depois-da-crise/?gclid=CjwKCAjw7cGUBhA9EiwArBAvoIIIN8AOYB3pWjkFOcSB5aZ2CXtRC4_CDZagA-m-aEcYObfBsJRNTphoCKnsQAvD_BwE. Acesso em: 12 maio 2022.

INOVAHOUSE3D. **Brasil constrói sua primeira casa modelo impressa em 3D!**. Disponível em: <<https://www.inovahouse3d.com.br/post/brasil-constr%C3%B3i-sua-primeira-casa-modelo-impressa-em-3d>>. Acesso em 30 abril 2022.

JESUS, Amós; CAIO, Silva; CAIXETA, Victor; FERREIRA, Juliana. ANALISE DO INDICE DE ACIDENTES NA ENGENHARIA CIVIL: Mudanças que a Indústria 4.0 vem fazendo nesse índice: **Atividade Integrativa: IV Jornada Interdisciplinar de Engenharia Civil**, Goiás, p. 7, 2020.

LOZADA, Gisele; NUNES, Karina da S. **Metodologia Científica**. Grupo A, 2019. 9788595029576. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595029576/>>. Acesso em: 27 mai. 2022.

MARTINI, G. GM Projetos e Plotagens. **Side da GM Projetos e Plotagens**, 2018. Disponível em: <https://www.gmarquiteturaengenharia.com/single-post/2018/03/10/BIM-E-AS-POLITICAS-P%C3%A9BLICAS-DO-BRASIL>. Acesso em: 15 de maio de 2022.

NEOWAY. **Inovação na construção civil 2021: 12 tendências para o setor**. Disponível: <<https://blog.neoway.com.br/inovacao-construcao-civil/>>. Acesso em 30 abril 2022.

PORTO, Gabriele de Bonis Patekosko; KADLEC, Thalita Malucelli de Moraes. **Mapeamento de Estudos Prospectivos de Tecnologias na Revolução 4.0: um olhar para a Indústria da Construção Civil**: 2018. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

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

75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

ROCKER, Andre Luiz Almeida. **O setor da Construção Civil e a Quarta Revolução Industrial :Entraves e Oportunidades:** 2021. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Mba Gestão Estratégica, Setor de Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS ATÉ A INDÚSTRIA 4.0: **Revista Interface Tecnológica:** São Paulo, v. 15, n. 2, p. 480-491, dez. 2018. **DOI: 10.31510/infa.v15i2.386**

Schwab, K. M. (2016). *A quarta revolução industrial*. Tradução Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro

SENAI. **Benefícios da indústria 4.0.** SENAI 4.0. Disponível em: <<https://www.senai40.com.br/saiba-mais/>>. Acesso em: 27 abril **2022**.

SENAI. **Carta da indústria 4.0.** SENAI 4.0. Disponível em: <<https://www.senai40.com.br/wp-content/themes/senai40/assets/CartaIndustria4.0.pdf>>. Acesso em: 27 abril 2022.

SILVA, A. D. D. Impactos da Indústria 4.0 na Construção Civil. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, 2018.

SILVEIRA, C. B. O que é a Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo. **Citisystems**. 2017. Disponível em:< <https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 7 maio 2022.

Schwab, K. M. (2016). *A quarta revolução industrial*. Tradução Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro

SILVA Junior, D., SANTOS, R., & SANTOS, I. (2020). Inovações da Indústria 4.0 na Gestão de Processos na Prestação de Serviços na Construção Civil. **Future Studies Research Journal:Trends and Strategies** [FSRJ], 12(3), 394-415. doi:<https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2020.v12i3.500>

SOUZA, L. L. A. de; AMORIM, S. R. L.; LYRIO, A. de M. IMPACTOS DO USO DO BIM EM ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA: OPORTUNIDADES NO MERCADO IMOBILIÁRIO. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. p.26-53, 2009. DOI: 10.4237/gtp.v4i2.100. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50958>. Acesso em: 13 jun. 2022.

VENTURELLI, M. **Indústria 4.0: uma visão da automação industrial**. Automação Industrial, nov. 2017. Disponível em:< <https://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial/>>. Acesso em: 7 maio 2022.

APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTAS



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE CARAÚBAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

Questionário

1-qual o tempo de experiência da empresa no setor da Construção Civil, em relação ao mercado de trabalho?

- ☐ Até 5 anos;
- ☐ De 5 a 10 anos;
- ☐ De 10 a 15 anos;
- ☐ Acima de 15 anos.

2-Qual área de atuação de sua empresa?

- ☐ Licitação
- ☐ Projetos
- ☐ Obras públicas
- ☐ Outra

3-Quais meios de comunicação foram abordados para adquirir conhecimento sobre essa nova era?

- ☐ Leitura de artigos científicos e revistas
- ☐ Assistindo televisão e jornais

- ☐ Conhecimento profissional (cursos)
- ☐ Conhecimento dentro da universidade
- ☐ Não conhece o tema

4-A implantação das novas tecnologias oriundas da indústria 4.0, em seu ponto de vista e seus conhecimentos, pode trazer benefícios na construção civil?

- ☐ Sim ☐ Não ☐ Não sei

5-quais benefícios que a indústria 4.0 pode trazer para a área da construção civil?

6-Dentro dos benefícios que a indústria 4.0 trouxe para a construção civil, qual seria o mais notável?

- ☐ Otimização de processos;
- ☐ Redução de erros e falhas;
- ☐ Aumento da produtividade;
- ☐ Melhoria da competitividade;
- ☐ Eliminação de desperdícios;
- ☐ Redução de custos.

7-Em relação a redução dos custos da obra de construção, em seu ponto de vista e seus conhecimentos, qual seria uma estimativa?

- ☐ Menos de 5%
- ☐ De 5% a 10%
- ☐ Mais de 10%
- ☐ Não sei

8-Em relação ao aumento da produtividade nas obras, em seu ponto de vista e seus conhecimentos, qual seria uma estimativa para esse aumento?

- ☐ Menos de 5%
- ☐ De 5% a 10%
- ☐ Mais de 10%
- ☐ Não sei

9-Quais tecnologias advindas da quarta revolução industrial se utiliza em sua empresa?

- ☐ BIM
- ☐ Drone
- ☐ Impressão 3D
- ☐ Outras

10-Quais desvantagens que as novas tecnologias trouxeram para o setor da construção civil?

11-Tendo em vista dos diversos benefícios que a indústria 4.0 trouxe para a construção civil, porque a maioria das empresas ainda não utilizam as inovações disponíveis no mercado? quais desafios existentes para a implantação da indústria 4.0 no setor da construção civil?