

Impactos da Indústria 4.0 no dia a dia do Engenheiro

Gabriel Krayczy Rech
rechgabrielk@gmail.com

Professora orientadora: Daniele da Silva Domingos

Coordenação do curso de Engenharia Mecânica: Márcio J. K. Senhorinha.

Resumo

É perceptível que nos últimos anos a evolução tecnológica tem afetado o dia a dia da população como um todo e na indústria não seria diferente. A indústria 4.0 impacta diretamente na vida dos engenheiros, com isso este artigo busca compreender como os profissionais têm lidado com as mudanças da sua rotina, no modo de trabalho e como isso se relaciona às três revoluções industriais que já ocorreram. Para isso foram entrevistados 29 engenheiros(as) registrando idade, tempo de formação e atuação no mercado de trabalho, bem como perguntas específicas sobre os impactos das tecnologias disponíveis na indústria 4.0, como foi o processo de adaptação a elas, como é o acesso individual e a visão pessoal em relação à indústria de modo geral. Apesar do acesso às inovações ser limitado e a adaptação trazer uma certa complexidade, é visível que elas trazem diversos benefícios para o dia a dia do profissional, trazendo uma agilidade e rapidez na resolução de problemas, desenvolvimento de novos projetos e manutenção daquilo que já existe. Contudo, foi possível concluir que os impactos dessa revolução industrial são perceptíveis e cada dia mais estão sendo discutidos, mas possuem ressalvas que devem ser levadas em consideração para que o conceito seja aplicado da melhor maneira.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Revolução Industrial. Engenharia. Impactos.

1. INTRODUÇÃO

Até meados do século XVIII, a divisão do trabalho se restringia a trabalhos manuais onde se dependia de uma única pessoa para realizar o processo de produção e a manufatura que possuía uma divisão mínima do trabalho. A partir dos anos de 1760 ocorreu a primeira revolução industrial, a qual mudou o rumo da indústria com a maquinofatura entrando em ação. Seguindo o processo evolutivo, entre 1820 e 1840, sucedeu a segunda revolução industrial, onde houve um aumento da tecnologia, responsável pelo aumento da produtividade, e principalmente, o uso de novas fontes de energia. Avançando mais um século, por volta de 1950 iniciou-se a terceira revolução industrial, que influenciada pela primeira e segunda guerra mundial, teve um desenvolvimento exponencial em pouco tempo. No entanto, o grande marco desse período foi o processo de automatização da indústria.

Em 2011, na Feira de Hannover, com o projeto alemão "**Plattform Industrie 4.0**", foi considerado o início da quarta revolução industrial (GONTIJO, 2018), devido à transformação digital que estava ocorrendo no mundo através de sistemas ciber físicos, internet das coisas (**IOT - Internet of Things**), internet dos serviços (**IOS - Internet of Service**), big data, manufatura aditiva, cibersegurança, sistemas integrados, simulação, robôs autônomos, realidade aumentada, computação em nuvem (SACOMANO, et al. 2018). Esses pilares passaram a ser vistos como objetivo de implementação por todas as empresas tendo em vista a otimização dos processos produtivos.

Dentro desse universo, as engenharias passaram por uma transformação, evidenciando as quais operam com sistemas, softwares, automação, circuitos elétricos e desta forma estão diretamente conectadas aos requisitos solicitados pela era digital. Em contrapartida, as engenharias que não atendem essas especificações tornaram-se usuárias do que estava e está sendo desenvolvido. No entanto, estas não deixam de ter um impacto significativo nas mudanças existentes, seja em novas resoluções, auxiliando outras engenharias ou apresentando as necessidades de cada situação, de maneira a colaborar para uma nova tecnologia, criação de sistemas para medição e/ou controle, sistemas supervisórios e toda a gama de possibilidades existentes nessa nova indústria.

Contudo, o objetivo deste trabalho é demonstrar o impacto da revolução industrial 4.0 no trabalho do engenheiro, sobretudo a atuação do engenheiro mecânico. Por conseguinte, apontar a aplicabilidade de cada fundamento alterado no mundo industrial, as dificuldades de adaptação e implementação das novas tecnologias. Tendo em consideração, dados como idade, tempo no mercado de trabalho e tempo em que atua na área para entender a razão dos problemas encontrados. A fim de compreender os pontos de melhoria que podem acelerar o desenvolvimento de novas tecnologias e contrapor os impactos gerados no início das três primeiras revoluções industriais.

2. DESENVOLVIMENTO

Para compreender melhor todo o contexto de revolução industrial, primeiro é necessário conhecer o significado de revolução, segundo o dicionário, "Revolução" é o "ato ou efeito de revolucionar-se, de realizar mudanças profundas e radicais"(REVOLUÇÃO, 2023). Tendo conhecimento sobre esse conceito, será abordado um pouco sobre a ocorrência, mudanças e paradigmas das três primeiras revoluções industriais para conseguir efetuar uma comparação com a quarta revolução industrial e buscar entender se existe uma similaridade no processo de instalação de um novo contexto industrial.

2.1 Primeira Revolução Industrial

A indústria 1.0 se iniciou por volta do ano de 1760, até então o processo de produção era artesanal e manufatureiro, ou seja, o trabalho era dependente da capacidade das pessoas em executar a atividade. Todavia, este foi substituído pelo trabalho maquinofatureiro, isto é, uma parte dos trabalhos passaram a ser executadas por máquinas, que por sua vez, traziam uma exatidão maior no produto e em menor tempo (NEVES e SOUZA, 2023).

Concentrada na Inglaterra, a primeira revolução industrial perdurou até aproximadamente o ano de 1860, onde foi possível enxergar o avanço do capitalismo, o recuo do sistema feudal e diversos avanços tecnológicos para a época que resultaram na criação de novos empregos, crescimento exponencial das cidades, mecanização do campo, criação da máquina a vapor de James Watt, criação da locomotiva a vapor, estradas de ferro, aumento de fábricas, produtos, circulação de pessoas, carga de trabalho e exploração de recursos naturais, como o carvão mineral. (DAUDT, 2021).

2.2 Segunda Revolucao Industrial

Por volta do ano de 1850 houve a descentralização da indústria na Grã-Bretanha e a sua chegada em escala a países como Estados Unidos, Alemanha, Itália, China, Japão e Rússia, que tiveram seus processos produtivos alterados em alta velocidade. Essa agilidade na industrialização desses países fez com que a indústria 2.0 chegasse de forma estrondosa, o que

possibilitou a criação de novas máquinas mecânicas nunca antes imaginadas e muitas outras inovações (LOPES; GARCIA; ASSUMPÇÃO; 2020).

A indústria química passou a ter relevância, a energia elétrica tornou-se parte da sociedade, nas casas, nas ruas, com o trem elétrico e contribuiu para que os meios de comunicação pudessem evoluir. Também foi fundamental para a indústria, possibilitando a substituição de diversas máquinas a vapor, combustíveis fósseis substituíram o carvão mineral e conseqüentemente a criação dos motores a combustão. No meio da agricultura, sucedeu a evolução das técnicas de plantio e colheita, como efeito, ocorreu uma migração da população para as cidades, causando o fenômeno de urbanização. (SOUZA, 2023)

Também observou-se o surgimento do modelo de produção conhecido como fordismo, onde tinha-se como base a intensificação, buscando a redução do tempo de produção, redução de custos através da implementação do estoque mínimo e a maior produtividade do trabalhador tornando-o especialista em determinado assunto. (CRUZ, 2023)

2.3 Terceira Revolução Industrial

Logo em seguida da segunda guerra mundial, por volta de 1950, houve a ascensão de novas tecnologias de uma forma que ainda não se era capaz de medir o impacto dessas mudanças e as empresas que focaram em desenvolver essas tecnologias ganharam espaço no mercado e acabaram deixando para trás grandes setores, como o automobilístico e o metalúrgico, que até então, eram dominantes e considerados referências quando se falava em termos de progresso.(SOUZA, 2023)

Estados Unidos, Alemanha e Japão foram os primeiros a observarem que o rumo da indústria estava mudando, através do plano marshall, juntamente com os aliados, foi possível a reconstrução física e econômica da Alemanha e do Japão. No período pós guerra, nesses países, observou-se um investimento em escala no campo da tecnologia, ciência e educação.(SOUZA, 2023)

Ainda no Japão, constata-se o surgimento do modelo de produção chamado toyotismo que visa implementar uma produção conforme a demanda, ou seja, não existe um estoque, o produto é produzido a partir do pedido do cliente, da mesma forma buscando não possuir matéria prima em larga escala, esse modelo também é conhecido como just in time (ARAÚJO, 2023).

Temas como robótica e eletrônica passaram a ser os principais objetos de estudo, o que acarretou em diversas mudanças e evoluções nos processos produtivos dos mais diversos tipos de produtos. O viés do esforço em aprimorar os processos era entregar um produto mais rápido, com menor defeito, com a mais alta qualidade e tecnologia. Para isso, se fez necessário qualificar e/ou buscar uma mão de obra que fosse capaz de manusear, configurar e entender todas as tecnologias utilizadas, como por exemplo robôs e CLP's.(SOUZA, 2023)

Além disso, não se pode deixar de mencionar a evolução feita em máquinas, seja desde a mudança daquelas que já estavam em operação até o desenvolvimento de novas máquinas, utilizando todos os recursos disponíveis. Essa reconfiguração, teve sempre como propósito, além de modernizar o processo, tornar ele mais eficiente produtivamente e energeticamente, reduzir custos com manutenções e mão de obra, diminuir o tempo de resposta e aumento dos lucros.(SOUZA, 2023)

Todos os avanços possibilitaram a criação de novos softwares e computadores que ficaram atrelados a criação da internet, essa por sua vez impulsionou o desenvolvimento de computadores cada vez mais voltados para uso pessoal que abre as portas para o desenvolvimento da telefonia móvel e conseqüentemente os smartphones como se conhece hoje.(SOUZA, 2023)

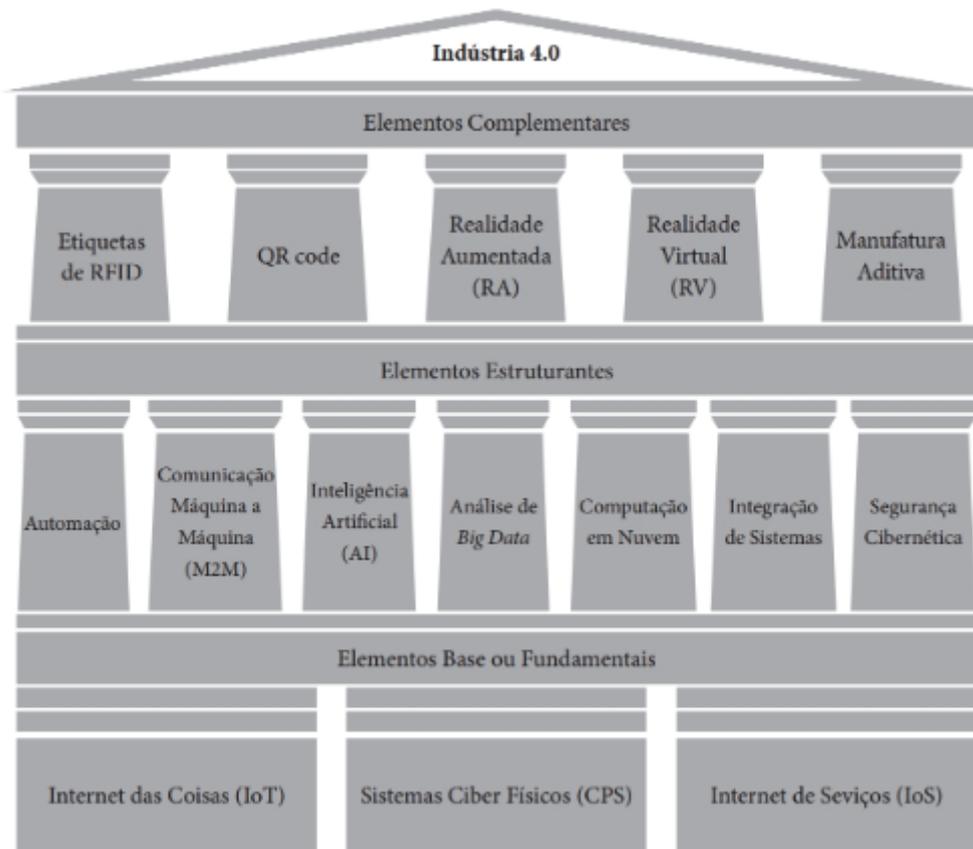
No meio energético, enquanto na segunda revolução industrial a eletricidade foi a grande precursora das inovações, neste cenário a energia atômica se torna protagonista, sendo a maior impulsionadora das evoluções deste período. A qual é utilizada em diversas áreas como a produção da energia elétrica, combustível para navios, submarinos e dentre diversas aplicações que vão desde militares até o emprego em atividades do cotidiano. (SOUZA, 2023)

2.4 Quarta Revolução Industrial

A indústria 4.0 é marcada pela integralização dos sistemas ciber físicos, desde a solicitação do pedido por parte do cliente, até a entrega do produto final, englobando a agilidade de entrega com a alta qualidade, ou seja, mínimos ou zero defeitos, consequentemente gerando menor retrabalho e maior confiabilidade ao processo e a marca. (ALMEIDA, 2019).

A ideia de Indústria 4.0 ainda está em construção e afirmar que algo faz parte ou não deste mundo é um tanto quanto complicado, com isso, tem-se uma sugestão de classificação dos elementos dessa indústria, conforme a imagem 1, em 3 grupos: os elementos fundamentais, ou seja, são a base que irá sustentar a definição e existência da Indústria 4.0; os elementos estruturantes são inovações e ideias que vão auxiliar no desenvolvimento de uma Indústria 4.0 e aqui vale ressaltar que para considerar uma fábrica 4.0, boa parte dos elementos estruturantes obrigatoriamente estarão dentro dessa planta; por último, vêm os elementos complementares que vem justamente complementar os conceitos da Indústria 4.0 e abrir o leque de oportunidades, porém se forem utilizados de forma isolada, não caracterizam uma aplicação 4.0. (SACOMANO, et al. 2018).

Imagem 1 - Elementos Formadores da Indústria 4.0



Fonte: (SACOMANO, et al, 2018)

Afinal, o que são esses elementos da indústria 4.0? Como eles são definidos? Quais as suas funções dentro do processo produtivo? Na sequência deste artigo será apresentado esses tópicos e mostrado detalhadamente como cada elemento influencia no processo de produção e no contexto industrial 4.0.

2.4.1 Sistemas Ciber Físicos (CBS)

Do inglês, **cyber-physical-system** (CPS) é uma nova forma de executar remotamente sistemas de automação e informação tendo visualização em tempo real dos dados do processo produtivo, como por exemplo, as velocidades de avanço de uma máquina CNC ou a quantidade de ciclos executada por uma ferramenta, podendo assim programar a sua troca e estudar o tempo de vida útil dela, podendo ainda executar simulações para estudar diversos tipos de melhoria, utilizando dados reais, sem prejudicar o ciclo de produção.(SACOMANO, et al, 2018).

CPS são capazes de monitorar e controlar processos produtivos dos mais variados, como por exemplo, comando remoto de subestações, monitorando consumo, tensão e corrente instantânea, produzindo um banco de dados para uma possível análise futura ou ainda uma análise em tempo real por uma inteligência artificial (será falado mais especificamente desse tópico mais a frente), é possível controlar a fabricação de um carro e monitorar dados como torque dos parafusos, utilizando esses dados para, em um meio virtual, simular se esse torque está sendo eficiente e adequado, bem como simular alterações que forem solicitadas. (SACOMANO, et al, 2018).

Dentro de sistemas ciber físicos, existe o chamado gêmeo digital ou digital twin que está inserido dentro da camada cyber, ou seja, dentro de um software, existe um equipamento virtual idêntico ao real, que opera utilizando os dados de máquina em tempo real podendo ser utilizado para diversas aplicações, como por exemplo, simular uma alteração no processo produtivo e observar como se comporta o processo como um todo, antes de partir para um protótipo ou teste de campo.(SACOMANO, et al, 2018).

2.4.2 Internet das Coisas (IoT)

Em inglês **Internet of Things**, é a utilização da internet como meio de comunicação por coisas, ou seja, os emissores e receptores não são mais seres humanos e sim coisas, como um sensor de vibração que envia os dados para um CLP e ainda podem ser considerados coisas/objetos inteligentes quando os mesmos também possuem a capacidade de tratar os dados, de entregar os dados de forma clara e objetiva. (SACOMANO, et al, 2018)

Por exemplo, tomando como exemplo o sensor de vibração, ele poderia comparar os níveis de vibração entre uma medição e outra e analisar os parâmetros pré definidos, se caso os valores saírem do padrão, o sensor pode enviar um alerta para o email da pessoa responsável, descrevendo o problema com uma possível solução, como por exemplo, problema: lubrificação inadequada do rolamento, solução: lubrificar o rolamento com graxa "x" e até abrir tickets de manutenção diretamente ao operador com toda essa descrição, tornando o processo ágil e assertivo. (SACOMANO, et al, 2018)

2.4.3 Internet dos Serviços (IoS)

Do inglês **Internet of Services** (IoS), através da internet serviços são disponibilizados às pessoas ou a empresa. Um exemplo é você ser avisado pelo aplicativo da sua casa que uma lâmpada está queimada e automaticamente já é dado opções de compra, pagamento e entrega

de uma lâmpada nova similar ou até mais econômica que a que já estava instalada na sua casa. (SACOMANO, et al, 2018)

Na indústria, um equipamento pode solicitar automaticamente manutenções preventivas e corretivas de acordo com parâmetros pré estabelecidos. Ao invés de comprar equipamentos, pode-se comprar apenas os serviços que eles oferecem, como supervisórios e sistemas de predição de falha. (SACOMANO, et al, 2018)

2.4.4 Automação

A automação é um requisito para a implementação da indústria 4.0, sem ela, é impossível ter uma fábrica 4.0, já que, ela é a capacidade de realização de atividades sem a necessidade de utilizar o ser humano, utilizando máquinas e equipamentos que se auto controlam utilizando de parâmetros estabelecidos por seres humanos. (SACOMANO, et al, 2018)

Contudo, existem processos híbridos, onde existe uma interação entre a automação e o ser humano, onde a automação faz parte do processo e o ser humano outra. Um exemplo é a utilização de robôs colaborativos em uma linha de usinagem, onde o robô tira e coloca o material para ser usinado do centro de usinagem, cabendo ao operador apenas colocar a matéria prima na posição inicial do processo e retirando ao fim dele, seja numa esteira ou numa bancada. Além de reduzir o trabalho braçal, gera mais segurança para o operador, porém necessita de uma mão de obra mais qualificada na hora de fazer a manutenção desse equipamento. (SACOMANO, et al, 2018)

2.4.5 Comunicação Máquina a Máquina

Termo do inglês **machine to machine** (M2M), é a comunicação de máquinas entre as máquinas, através de rede de cabos, wi-fi, bluetooth, antenas de rádio frequência ou a própria linha de telefone, que tem como processo a geração de dados, transporte, análise e tomada de decisão (CULLINEN, 2013). Com isso as máquinas tornam-se capazes de tomar decisões com base nos dados e parâmetros pré estabelecidos.

A máquina sozinha consegue gerar ordens de produção e manutenção, consegue informar ao restante da linha de produção que ela está em falha e que deve ser contornada ou que o material precisa chegar a ela em outras condições. Usando como exemplo uma linha de 4 centros de usinagem, interligados por robôs, ou seja, o operador apenas insere o material a ser usinado em uma esteira no início do processo, onde todos fazem as operações de desbaste e pré acabamento, supondo que a máquina 3 está com uma falha de quebra de ferramenta, ela sozinha informa ao robô que não pode mais receber peças para usinagem e em seguida emite um alerta para o time responsável pela troca de ferramenta. (SACOMANO, et al, 2018)

2.4.6 Inteligência Artificial

Em inglês **Artificial Intelligence** (AI) é fazer com que máquinas pensem como seres humanos, como crianças aprenderem com o passar do tempo e irem melhorando suas habilidades e formas de executar determinadas tarefas. O sistema absorve dados, faz sua análise e determina quando, onde e como obter melhorias no sistema produtivo, além de poder fazer isso de forma automática, sem precisar de uma aprovação, quando se percebe o processo obteve uma melhoria significativa apenas com o uso da inteligência artificial. (COSSETI, 2019).

Considerando o mesmo exemplo do tópico anterior, uma inteligência artificial integrada ao processo de usinagem poderia determinar quais as velocidades de avanço seriam

mais eficientes para cada operação, utilizando de dados como tempo de quebra de ferramenta, tempo de usinagem de cada operação, poderia também determinar uma melhoria nas velocidades em que os robôs entregam e retiram a peça do centro de usinagem, enfim uma infinidade de possibilidades atreladas aos dados que ela poderia consultar, sempre tendo em vista que o comando final deve ser do homem, por mais que ela possa executar sozinha a melhoria, esse comando final é essencial para mantermos o controle sobre o processo. (SACOMANO, et al,2018)

2.4.7 Big Data

É a grande quantidade de dados gerados pelos sistemas, sejam eles comerciais, marketing, produtivo, dentre outros que necessitam de uma análise aprofundada, já que possuem informações detalhadas que podem auxiliar no desenvolvimento de uma empresa. São esses dados que possibilitam novos estudos sobre locais de venda, sobre qual produto produzir, onde instalar uma planta produtiva, onde ter apenas pontos de venda, como fabricar um produto, melhor maneira de fabricar esse produto, enfim tudo que está relacionado a empresa está compreendido em big data.(SACOMANO, et al, 2018)

A análise dessa gama de dados se torna complexa a partir do momento que se incorpora dados não estruturados, ou seja, imagens, rostos, documentos, ruídos, expressões corporais, enfim uma infinidade de elementos que podem ser analisados desde que estejam armazenados digitalmente.(SACOMANO, et al, 2018)

2.4.8 Computação em Nuvem

A computação em nuvem nada mais é do que o armazenamento e processamento de dados no chamado ciberespaço, ou seja, não se sabe dizer onde está o servidor que guarda esses dados, bem como a forma que eles transitam pela rede e nem onde eles acessados, assim pode-se utilizar vários processadores espalhados pelo mundo para executar essas atividades e, desde que haja acesso a internet, eles podem ser acessados em qualquer lugar.(SACOMANO, et al, 2018)

Na indústria, isso é característico em empresas multinacionais, onde sua sede fica em um determinado país e ela possui várias plantas espalhadas pelo mundo, então todos os dados são processados em nuvem, de forma que possa-se ter acesso por todos aqueles que possuem autorização para tal. (SACOMANO, et al, 2018)

2.4.9 Integração de Sistemas

Todos os sistemas de uma fábrica precisam estar interligados entre si para que haja realmente uma indústria 4.0, ou seja, o sistema de marketing deve estar ligado com o financeiro, que deve se ligar ao sistema produtivo, que deve se ligar ao sistema de manutenção, que por sua vez também deve estar ligado ao sistema financeiro e assim por diante. Todos devem estar dentro de uma mesma base de dados para que a dinâmica do processo seja muito mais ágil, por exemplo, se a manutenção está ligada ao sistema financeiro, a própria área consegue gerir seu centro de custo, seus gastos, consegue efetuar compra de materiais de uso do dia a dia, não se faz necessário ter um departamento que faça isso. (SÁTYRO, et al, 2017)

Dentro do processo de produção essa integração deve ser ainda maior. Voltando ao exemplo dos centros de usinagem, se o sistema dos centros de usinagem não estiverem interligados com os sistemas do robô e da esteira, não é possível fazer com que eles operem em harmonia e esse tem sido o grande problema, fazer com que sistemas de fabricantes

diferentes sejam interligados. Para passar por esse obstáculo está sendo feita uma força tarefa em diversos fóruns internacionais sobre o tema, com o objetivo de quebrar esse paradigma. (SÁTYRO, et al, 2017)

2.4.10 Cibersegurança

Esse pilar é extremamente importante, pois trata da segurança dos dados contra ataques às redes de internet e/ou intranet. Como a indústria 4.0 necessita cada vez mais de dados para desenvolver novas tecnologias, sistemas de inteligência artificial, armazenamento em nuvem, promover a integração de sistemas, dentre todos os outros tópicos já citados, é preciso desenvolver meios de segurança para todos esses dados, que vão desde proteção de documentos e dados que só podem ser acessados por determinadas pessoas, até a proteção contra hackers que procuram roubar essas informações e depois solicitarem o resgate com a ameaça de liberá las ao público geral.(SACOMANO, et al, 2018)

Para evitar que isso ocorra estão sendo desenvolvidos novos protocolos de comunicação, novas medidas de segurança, novos meios autenticadores de permissão, enfim toda uma gama de estruturas de segurança para evitar que dados cruciais sejam roubados, possibilitando assim a implementação total de uma fábrica 4.0.(SACOMANO, et al, 2018)

2.4.11 Etiquetas RFID

Do inglês, **radio frequency identification** (RFID) são dispositivos que permitem a identificação de um item através de rádio frequência, podendo ser inserida na embalagem do produto, no produto em si, em ferramentas utilizadas para fabricar um produto, em pessoas, em animais, enfim em tudo o que precisa ser identificado.(GOMES, 2007)

Existem diversas classificações do RFID que variam conforme o protocolo de comunicação e o tipo de memória, mas as principais são as etiquetas passivas que não possuem fonte própria de energia elétrica e apenas respondem ao sinal enviado pelo leitor/transmissor; existem as etiquetas ativas que possuem fonte própria de alimentação elétrica e enviam o seu sinal e as etiquetas semi ativas ou semi passivas elas possuem fonte própria de energia elétrica, porém é necessário um leitor para transmitir as informações. (GOMES, 2007)

2.4.12 QR Code

O código de resposta rápida, do inglês **quick response code** é semelhante a um código de barras, porém ele consegue armazenar informações variadas, uma quantidade maior de informação como por exemplo, pode armazenar todo o passo a passo de produção de um item, pode armazenar informações técnicas de uma máquina, pode redirecionar o usuário para páginas web, enfim, pode ser utilizado em várias aplicações desde que programado corretamente, além de poder ser lido por qualquer dispositivo que tenha uma instalado um dispositivo de leitura e uma câmera, como por exemplo tablets e smartphones. (SACOMANO, et al 2018)

2.4.13 Realidade Aumentada

Em inglês **augmented reality**, é a integração do mundo real com o virtual, com ela, somos capazes de observar objetos virtuais no mundo real, por exemplo, ao comprar uma nova máquina para o processo fabril, antes de instalarmos ou até mesmo de comprar essa máquina, pode se ter uma prévia de como ela ficará disposta em nosso layout, também

utiliza-se a realidade ampliada para fazer a manutenção de equipamentos onde, através de um óculos de realidade virtual, celular ou tablet, se visualiza o local da falha do equipamento e tem a possibilidade de "treinar" a melhor maneira de acessar esse local, também pode-se ter a sequência lógica de desmontagem e remontagem do equipamento, facilitando assim todo o processo e garantindo com que ele seja o mais eficiente possível. (SACOMANO, et al, 2018)

São três as características principais que definem a realidade aumentada, são elas: a combinação do real com o virtual, a interação em tempo real, ou seja, não é necessário diversas análises e processamentos para obter essas informações e ela se apresenta em três dimensões, ou seja, pode ser manuseada dentro do sistema dessa realidade virtual. (AZUMA, 1997)

2.4.14 Realidade Virtual

Em 1962 o cinegrafista Morton Heilig criou o sensorama que trazia sensações de som estéreo, inclinação do corpo, imagem 3D, ventos e aromas, isso foi considerado o primeiro ambiente de **virtual reality** (VR), porém Morton não conseguiu financiamento para desenvolver o projeto e somente com o desenvolvimento da informática é que foi possível conhecer a realidade virtual como conhecida atualmente. Utilizando essa base de Morton, o conceito de realidade virtual é conglomerado de hardwares pessoais que podem incluir computadores, óculos, headphones, luvas sensíveis ao toque, esteiras para movimentação, uma infinidade de acessórios que permitem essa experiência sensorial a fim de transformar o ambiente virtual o mais próximo do real. (STEUER, 1992).

Na indústria a realidade virtual tem sido utilizada principalmente em questões onde ter o produto disponível para fazer um teste ou um treinamento é muito complexo, como por exemplo treinamento de pilotos de avião, ele é feito através de um dispositivo de realidade virtual capaz de simular todas as condições de voo, nas mais diversas altitudes, sem o piloto ter entrado em um avião de fato ou ainda na compra de um carro, onde é possível ter a sensação de dirigir todos os veículos de uma marca sem ter a necessidade de ter entrado em um deles. Isso além de trazer uma certa comodidade, traz segurança para todos. (SACOMANO, et al, 2018)

2.4.15 Manufatura Aditiva

A impressão 3D é uma tecnologia conhecida desde a década de 1980, porém devido aos avanços tecnológicos e a criação de novos materiais, em 2010 a Sociedade Americana para Ensaios e Materiais (ASTM, em inglês) renomeou o termo para manufatura aditiva por entender ser uma nomenclatura mais abrangente, que traz a visão de manufatura em si. Ela consiste em imprimir as coisas a partir de camadas de diversos materiais que podem ser utilizados em uma máquina, sendo possível fabricar peças de plástico, metal, concreto e outros materiais dependendo da capacidade da impressora. (MARQUES, 2014; SALMORIA, 2007)

A impressora 3D pode ser comandada remotamente de qualquer lugar do mundo com acesso a internet, basta enviar a programação e ela passa rodar automaticamente na sua localidade, sem a necessidade de estabelecer parâmetros no local, isso torna mais ágil o processo de fabricação de componentes necessários dentro de um processo e ainda mais fácil e ágil a prototipagem de um produto para realizar ensaios, por exemplo, para testar a resistência de um material a uma determinada aplicação antes era necessário investir para fazer um protótipo semelhante ao que seria fabricado, hoje é possível fazer um protótipo com impressão 3D com um custo bem abaixo e em um tempo muito menor. (MARQUES, 2014)

2.4.16 Simulação

A simulação é o uso de diversos sistemas onde existe um protótipo virtual do produto em questão e com ele, através de softwares específicos, é possível simular as condições de fabricação de determinado produto. Um exemplo é a usinagem de um material, primeiramente você faz a modelagem desse material em um software CAD, depois você utiliza de ferramentas CAM para simular o processo de usinagem, determinando velocidades de corte, de avanço, determinando quais ferramentas e diâmetros irá utilizar, quais os tipos de broca para visualizar se o produto final sai como esperado e utiliza-se de estruturas CAE que vão possibilitar realizar análises desse material quando ele sofre determinadas forças, a dinâmica dos fluidos que passam sobre ele, análise de elementos finitos, dentre outras análises de engenharia. (sem autor, 2022)

3. METODOLOGIA

Para a realização deste artigo foi utilizado o método de revisão bibliográfica, focando em autores e instituições referências no tema. Foi utilizado também, uma pesquisa de campo, com engenheiros formados, via formulário, utilizando a ferramenta google forms, buscando entender os impactos da revolução industrial 4.0 em seus respectivos trabalhos. Dentro do formulário, ele foi dividido em 4 sessões que serão detalhadas a seguir, explicando seus objetivos.

3.1 Formulário

O formulário foi elaborado a partir dos conhecimentos obtidos em sala de aula e através do referencial teórico apresentado pelo livro "Indústria 4.0: Conceitos e Fundamentos" de autoria de José Benedito Sacomano; Rodrigo Franco Gonçalves; Márcia Terra da Silva Silvia; Helena Bonilla e Walter Cardoso Sátyro.

3.1.1 Seção 1

Na primeira parte do formulário, foi feita uma introdução sobre o conteúdo e buscou-se entender um pouco mais sobre o entrevistado, perguntando nome, conforme imagem 2, a idade com o objetivo de segregar o público e entender se a idade pode ser um fator que influencia no resultado da pesquisa, empresa ou universidade que trabalha para tentar entender se o ramo de atuação é um fator a ser considerado e um email para contato, caso exista alguma dúvida ou necessidade de contato posterior para prosseguir com outra pesquisa, seguindo a imagem 3.

Imagem 2 - Seção 1 do Formulário - Pergunta 1.

Indústria 4.0 - Impactos no Dia a Dia do Engenheiro

Este formulário tem como objetivo demonstrar os impactos que a 4ª revolução industrial tem gerado no trabalho dos engenheiros.

Para contextualizar, segue um breve resumo sobre a indústria 4.0.

Em 2011, com o projeto alemão Plattform Industrie 4.0, foi considerado o início da quarta revolução industrial. Acompanhando a revolução digital que já acontecia no mundo desde o início do século XXI, com uma maior presença de tablets, computadores, celulares, amplo acesso a internet, mundo conectado, redes sociais que incluíram 37% da população (WE ARE SOCIAL 2017), a indústria buscou seguir o mesmo rumo. A indústria 4.0 de fato se caracteriza pela integração de tecnologias da informação e comunicação que possibilitam chegar a novos patamares de produtividade, flexibilidade, qualidade e gerenciamento (SACOMANO, et al, 2017).

Dentro da Indústria 4.0 temos 9 pilares fundamentais que são o pretexto base para esse novo mundo. Eles possuem suas particularidades e complexidades, porém integrados formam um processo produtivo totalmente 4.0. São eles: Robôs Autônomos, Simulação, Integração de Sistemas, Internet das Coisas, Cibersegurança, Computação em Nuvem, Manufatura Aditiva, Realidade Aumentada e Big Data.

Nome *

Texto de resposta curta

Fonte: O Autor, 2023.

Imagem 3 - Seção 1 do Formulário - Perguntas 3,4 e 5.

Idade *

Texto de resposta curta

Empresa / Universidade (Escreva o nome completo da Instituição) *

Texto de resposta curta

E-mail para contato *

Texto de resposta curta

Fonte: O Autor, 2023.

3.1.2 Seção 2

Nesta parte do questionário, o objetivo é segregar a população alvo, perguntando qual a engenharia em que a pessoa é formada (imagem 4), tempo de formação (imagem 5), tempo

em que atua na área como engenheiro ou analista (imagem 6), ambos com o foco em entender o perfil do entrevistado e buscar parâmetros que possam ser determinantes para o resultado final e, também, perguntou-se se o entrevistado possuía alguma especialização ou segunda graduação, ambas com o objetivo de comparar se uma especialização ou graduação pode ser determinante para chegar a uma conclusão assertiva (imagem 7).

Imagem 4 - Seção 2 do Formulário - Pergunta 1

Qual a sua Engenharia? *

- Mecânica
- Elétrica
- Civil
- Produção
- Controle e Automação
- Software
- Ambiental
- Aeronáutica
- Aeroespacial
- Materiais

Fonte: O Autor, 2023.

Imagem 5 - Seção 2 do Formulário - Pergunta 2

Há quanto tempo você é formado? *

- 0 - 5 anos
- 5-10 anos
- 10-15 anos
- 15-20 anos
- 20-25 anos
- 25-30 anos
- + de 30 anos

Fonte: O Autor, 2023.

Imagem 6 - Seção 2 do Formulário - Pergunta 3

Há quanto tempo você atua como Engenheiro e/ou analista de engenharia? *

0 - 5 anos

5-10 anos

10-15 anos

15-20 anos

20-25 anos

25-30 anos

+ de 30 anos

Fonte: O Autor, 2023.

Imagem 7 - Seção 2 do Formulário - Pergunta 4

Você possui alguma especialização? (Pós graduação, mestrado, doutorado, MBA, cursos) *

Sim

Não

Se a última resposta foi "**Sim**", qual a especialização?

Texto de resposta longa

Você fez alguma outra graduação? *

Sim

Não

Se a última resposta foi "**Sim**", qual a graduação?

Texto de resposta curta

Fonte: O Autor, 2023.

3.1.3 Seção 3

Esta etapa é o cerne da pesquisa, onde todas as perguntas são voltadas para o tema principal, com a perspectiva de entender como a Indústria 4.0 é vista pelas pessoas que utilizam de suas tecnologias. Na primeira pergunta, o objetivo é conhecer o quanto o assunto é falado no meio industrial pelas pessoas que estão a volta do entrevistado, na sequência, pretende-se comparar o percentual daquilo que o entrevistado absorve, com o percentual com que ele dá continuidade para essa informação, ou seja, o quanto ele fala sobre o tema (imagem 8). Utilizou-se o método de escala de 0 a 10, onde de 0 a 3 é considerado um assunto desprezado ou de pouca importância, de 4 a 7 é considerado um assunto tratado superficialmente e de 8 a 10 é considerado um tema tratado com profundidade.

Após entender um pouco da relação entre aquilo que se escuta e aquilo que se fala, seguiu-se para a compreensão do real impacto das ferramentas do mundo 4.0, no dia a dia de trabalho. Iniciando com uma pergunta sobre a utilização de algumas ferramentas desse meio (imagem 9). Em seguida, foi abordado sobre os pilares da indústria 4.0, perguntando aos entrevistados a frequência que os utilizam (imagem 9), empregando a metodologia de escala de 0 a 10, onde de 0 a 3 são consideradas ferramentas pouco utilizadas, de 4 a 7 são utilizadas com certa frequência e de 8 a 10 são utilizadas constantemente, bem como, qual ou quais deles mais são utilizados durante o expediente (imagem 10).

Na sequência do formulário, nesta etapa, teve-se o intuito de visualizar a complexidade do mundo industrial 4.0, questionando ao engenheiro(a), qual o nível de dificuldade que ele enxergou para a indústria durante a adaptação às novas tecnologias e quão árduo foi o processo para o entrevistado (imagem 11), adotou-se o critério de escala de 0 a 10, onde de 0 a 3 é considerado pouco ou nada complexo, de 4 a 7 existe uma complexidade, mas não é algo extremamente difícil e de 8 a 10 é considerada extremamente complexa e difícil a adaptação.

No penúltimo tópico, buscou-se compreender o acesso às novas tecnologias desde o acesso particular, até o acesso das pequenas, médias e grandes indústrias para estabelecer uma relação entre a disponibilidade de tecnologia, com o acesso que se tem e se isso é um problema de uma minoria ou se é algo que atinge a todos (imagem 12), fazendo uso da metodologia de escala de 0 a 10, onde de 0 a 3 representa pouco ou nenhum acesso, de 4 a 7 um acesso parcial às tecnologias disponíveis e de 8 a 10 um acesso considerável ou total.

Por fim, foi solicitado aos entrevistados que escrevessem um parágrafo sobre o ponto de vista pessoal em relação ao tema e a tudo que foi abordado durante a pesquisa (imagem 13). Estas respostas estarão disponíveis no anexo I deste artigo.

Imagem 8 - Seção 3 do Formulário - Perguntas 1 e 2.

Seção 3 de 4

Indústria 4.0 - Impactos no Dia a Dia do Engenheiro ✕ ⋮

Nesta seção teremos algumas perguntas voltadas para o seu dia a dia para estabelecer um parâmetro de como a indústria 4.0 tem revolucionado o dia a dia dos profissionais.
Solicito que aqui respondam relacionado ao seu dia a dia como profissional, com sua demanda de trabalho e ao que sua liderança te solicita no seu dia a dia.

Em uma escala, quanto que você **escuta** algum termo que seja referente a Indústria 4.0? *
Onde 0 representa nunca ouviu dizer e 10 representa um termo do seu dia a dia.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Em uma escala, qual a frequência que você **fala** sobre a quarta revolução industrial? Onde 0 representa nunca e 10 representa sempre.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Fonte: O Autor, 2023.

Imagem 9 - Seção 3 do Formulário - Pergunta 3 e 4

Qual a frequência que você trabalha com ferramentas digitais (Computador, Internet, tecnologias em geral)? Em uma escala, onde zero representa nenhum contato e 10 representa o seu dia a dia. *

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Em uma escala, qual a frequência que você trabalha com os pilares da Indústria 4.0, seja de forma isolada ou conjunta? Onde 0 representa não trabalho e 10 representa seu dia a dia. *

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Fonte: O Autor, 2023.

Imagem 10 - Seção 3 do Formulário - Pergunta 5

Ainda falando sobre os pilares da Indústria 4.0, assinale o que você mais utilizou *

- Robôs Autônomos
- Simulação
- Integração de Sistemas
- Internet das Coisas
- Cibersegurança
- Computação em Nuvem
- Manufatura Aditiva
- Realidade Aumentada
- Big Data
- Não utilizei nenhum desses recursos citados

Fonte: O Autor, 2023.

Imagem 11 - Seção 3 do Formulário - Perguntas 6 e 7.

Em uma escala, qual o nível de complexidade que você observou durante esses primeiros anos de revolução 4.0? Onde 0 representa pouco complexo e 10 representa muito complexo. *

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Em uma escala, qual o nível de dificuldade que você enfrentou no processo de adaptação às ferramentas e pilares da indústria 4.0? Onde 0 representa não me adaptei e 10 fácil adaptação. *

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Fonte: O Autor, 2023.

Imagem 12 - Seção 3 do Formulário - Perguntas 8 e 9.

Em uma escala, como você considera o seu acesso as tecnologias da Indústria 4.0? Onde 0 *
representa acesso inexistente e 10 representa acesso total a qualquer momento.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Em uma escala, como você considera o acesso as tecnologias da Indústria 4.0, pelo ramo *
industrial como um todo, desde a pequena até a grande empresa? Onde 0 representa acesso
inexistente e 10 representa acesso total a qualquer momento.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Fonte: O Autor, 2023.

Imagem 13 - Seção 3 do Formulário - Pergunta 10.

Peço que em um parágrafo, coloque seu ponto de vista em relação aos impactos gerados *
pela indústria 4.0 na sua realidade de trabalho.

Texto de resposta longa

Fonte: O Autor, 2023.

3.1.4 Seção 4

Esta seção foi apenas um agradecimento pela contribuição de cada participante e um meio de deixar o contato do autor a todos que participaram do questionário para que se houvesse alguma dúvida, pudesse esclarecê-la de forma mais ágil e rápida (imagem 14).

Imagem 14 - Seção 4 do Formulário - Agradecimento

Seção 4 de 4

Indústria 4.0 - Impactos no Dia a Dia do Engenheiro ✕ ⋮

Gostaria de agradecer a sua disponibilidade em responder esse questionário e contribuir para a minha formação. Fico feliz em poder contar com a sua colaboração.

Se tiver alguma dúvida ou sugestão, pode me contatar através do e-mail: rechgabrielk@gmail.com ou Telefone/WhatsApp: (47) 9 9911-6736.

Tenha um bom dia.

Gabriel Kracyzy Rech

Fonte: O Autor, 2023.

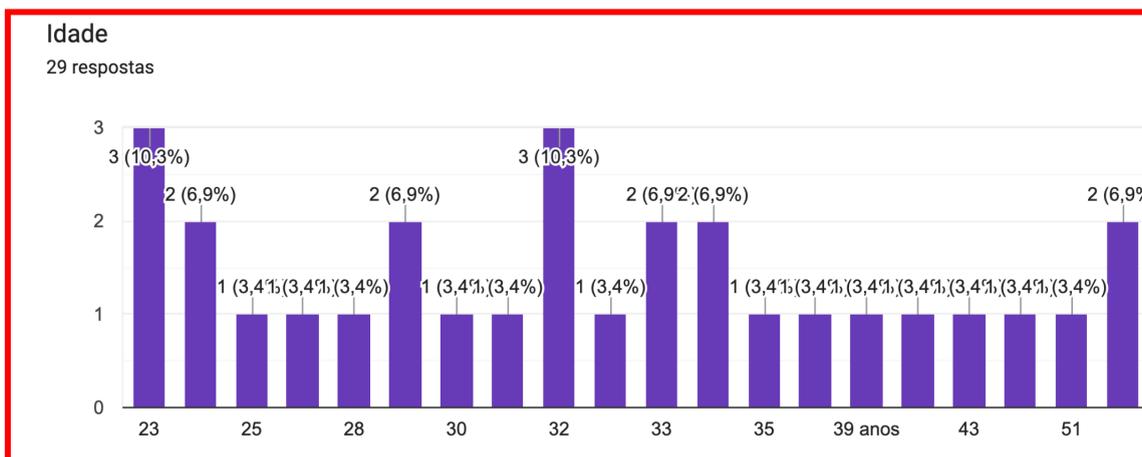
3.2 Análise das Respostas

Para compreender as respostas, empregou-se o método de análise gráfica, utilizando gráficos de barra, coluna e pizza, através das ferramentas do google formulários e planilhas, observando os dados obtidos na pesquisa e realizando um cruzamento de informações com a literatura encontrada neste artigo. As informações foram expostas no contexto geral, porém foram examinadas detalhadamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados foram compilados e organizados em gráficos e segregados por sessão às quais pertencem. Ao todo foram entrevistados 29 engenheiros (as), sendo que o formulário havia sido enviado para um total de 14 pessoas, ou seja, teve-se pouco mais do que o dobro de respostas esperadas. Inicialmente o gráfico 1 apresenta o resultado da pergunta 2 da seção 1 deste trabalho, já que a idade é um dos fatores que podem segregar o público em relação ao ponto de vista, adaptação e emprego das iniciativas 4.0.

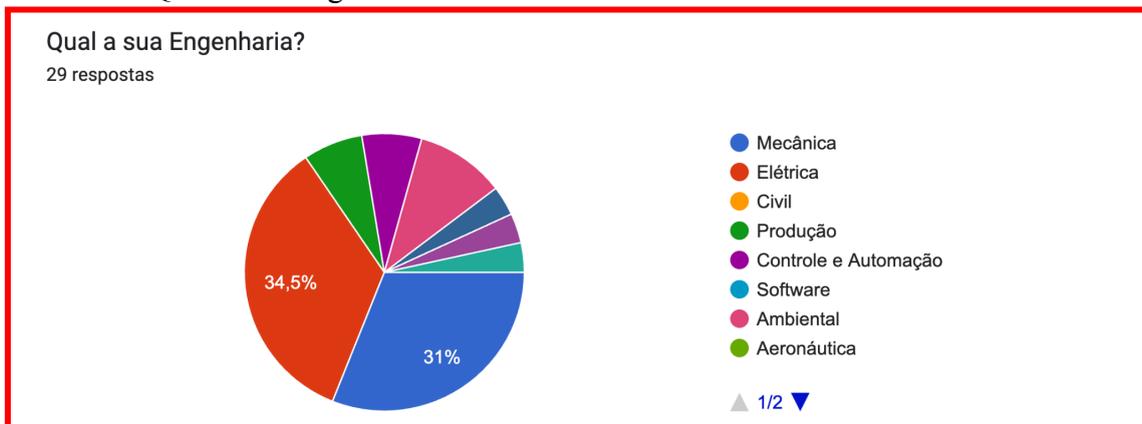
Gráfico 1 - Idade



Fonte: O Autor, 2023.

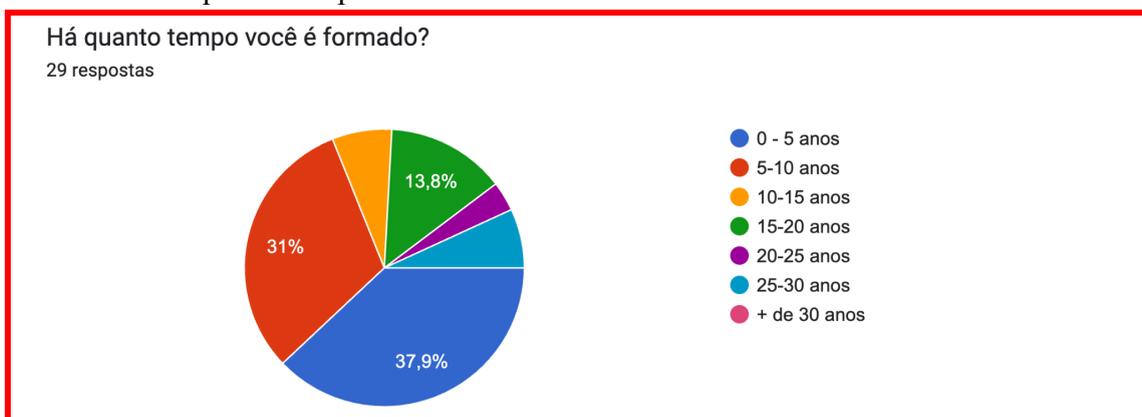
Observando o gráfico, pode notar-se que existe uma predominância de público acima dos 30 anos, ou seja, são pessoas que puderam observar as mudanças ocorrendo no seu dia a dia de trabalho, independente da área que atuam. Por conseguinte no gráfico 2 observa-se que, apesar da predominância das engenharias elétrica (34,5%) e mecânica (31%), existe uma diversidade de engenharias que foram impactadas pelo segmento 4.0 da indústria. No gráfico 3 é possível confirmar que a grande maioria do público (62,1%) está a mais de 10 anos no mercado de trabalho e, no gráfico 4, comprova-se que a maioria atua como engenheiro a mais de 5 anos, sendo uma confirmação redundante a posição dos entrevistados no mercado de trabalho.

Gráfico 2 - Qual a sua Engenharia?



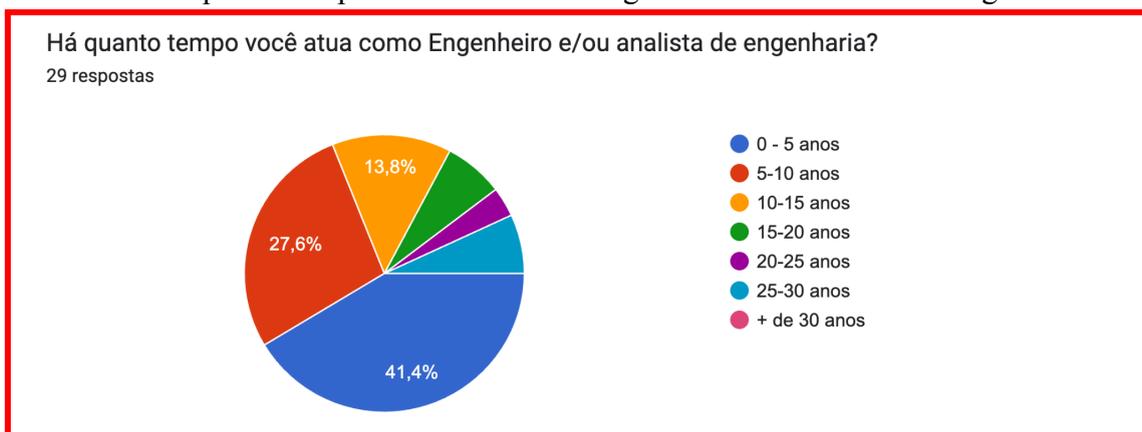
Fonte: O Autor, 2023.

Gráfico 3 - Há quanto tempo você é formado?



Fonte: O Autor, 2023.

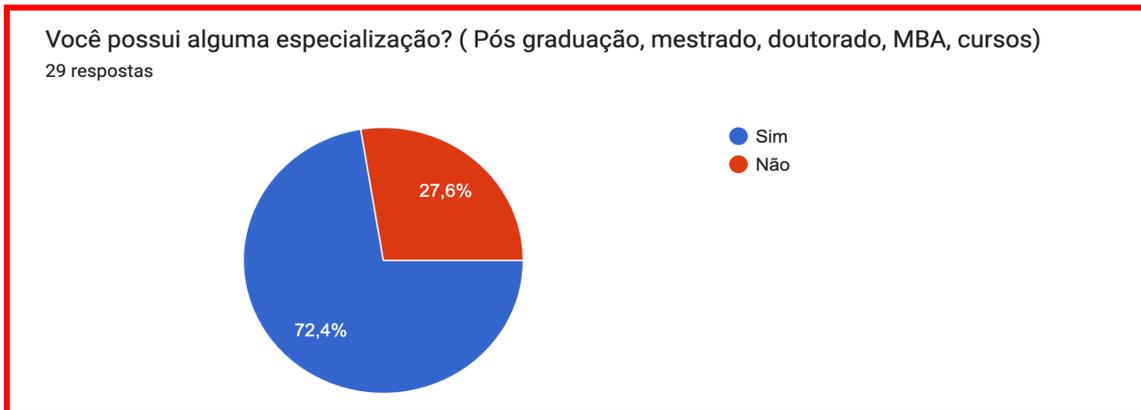
Gráfico 4 - Há quanto tempo você atua como Engenheiro e/ou analista de engenharia?



Fonte: O Autor, 2023.

É importante citar que, conforme o gráfico 5, 72,4% dos entrevistados fizeram alguma especialização, seja uma pós graduação, mestrado ou doutorado e que poucas foram voltadas para a áreas relacionadas a indústria 4.0, mas, no decorrer da pesquisa, foi observado que todos tiveram alguma interação com os pilares da indústria 4.0, assim como os que não relataram ter feito alguma especialização.

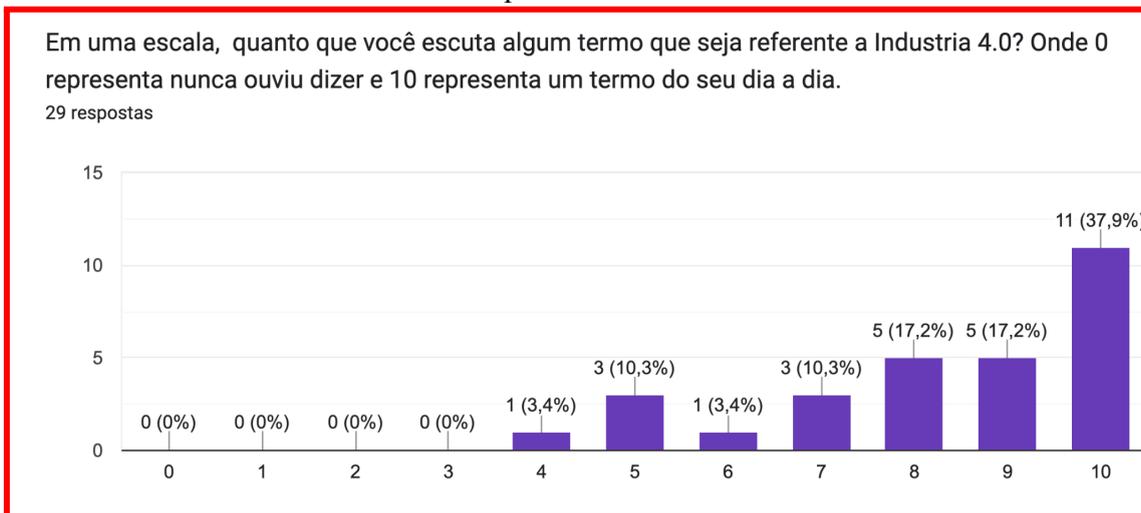
Gráfico 5 - Você possui alguma especialização? (Pós graduação, mestrado, doutorado, MBA, cursos)



Fonte: O Autor, 2023.

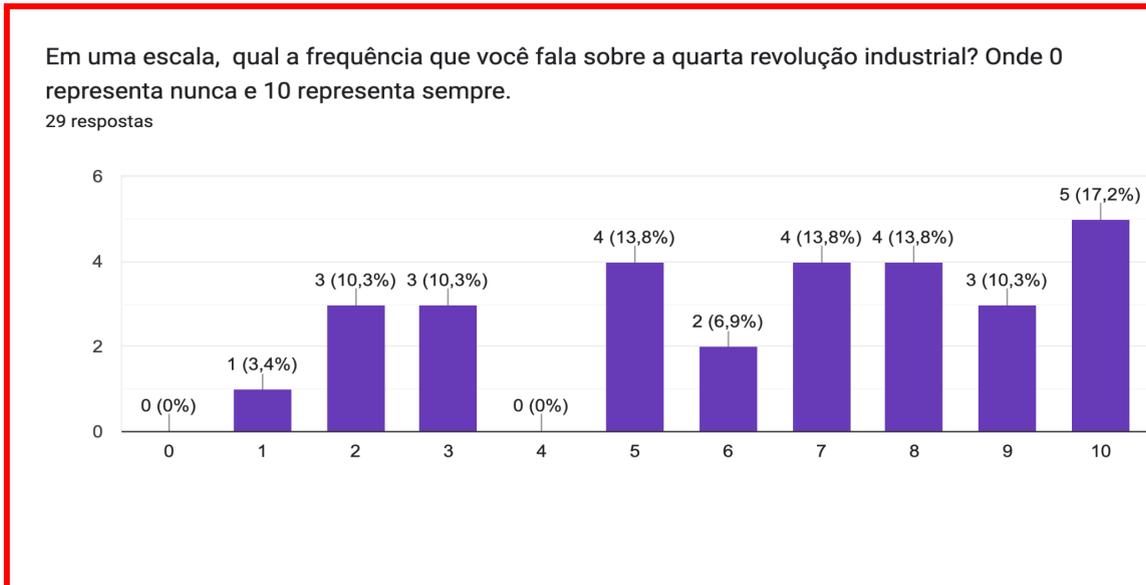
Partindo para a divisão principal da pesquisa, é possível comprovar a interação dos entrevistados com as ferramentas da indústria 4.0, bem como comprovar que esse conceito está inserido no meio industrial de forma acentuada, conforme observado no gráfico 6, onde 72,3 % dos entrevistados consideraram que termos referentes a indústria 4.0 são falados com uma certa frequência ou até todos os dias nos seus meios de trabalho. Porém quando se olha para o quanto esses termos são passados adiante se tem um menor percentual (41,3%) de pessoas que disseminam esse conteúdo para os outros colegas ou que dão sequência de alguma outra maneira, assim visto no gráfico 7.

Gráfico 6 - Quanto você escuta algum termo que seja referente a Indústria 4.0? - Na escala, de 0 a 3 se considerada pouco ou nada escutado, de 4 a 7, escutado de forma esporádica e de 8 a 10 considera-se um termo escutado frequentemente ou diariamente.



Fonte: O Autor, 2023.

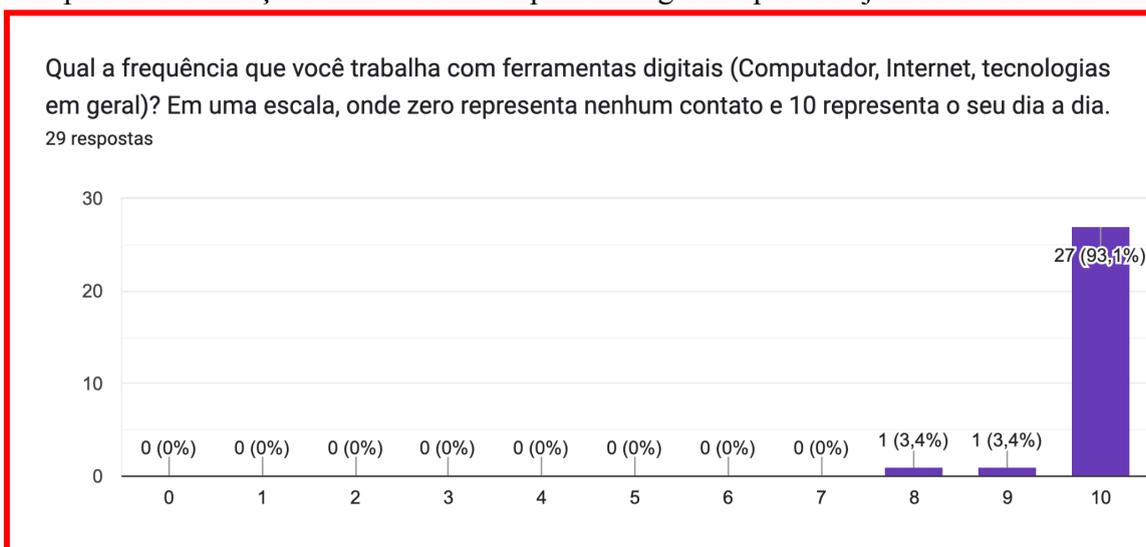
Gráfico 7 - Quanto você fala sobre a quarta revolução industrial? - Na escala, de 0 a 3 representa pouco ou nada falado, de 4 a 7, que se trata do assunto de forma esporádica e de 8 a 10 considera-se um assunto tratado frequentemente ou todos os dias pelo entrevistado.



Fonte: O Autor, 2023.

Depois de compreender quão inserido está o tema no meio industrial, dando sequência a linha de raciocínio, onde procura-se entender como as ferramentas digitais como computador, internet, tecnologias de modo geral estão inseridas no dia a dia do engenheiro e, conforme o gráfico 8, constatou-se que 93% dos entrevistados utilizam estes recursos na maior parte da sua jornada de trabalho e os outros 7% utilizam também numa frequência muito elevada.

Gráfico 8 - Qual a frequência que você trabalha com ferramentas digitais (Computador, Internet, tecnologias em geral)? - Onde de 0 a 3 representa não utilizam ou utilizam muito pouco, de 4 a 7 utiliza-se algumas vezes, mas pode ficar um dia ou outro sem utilizar e de 8 a 10 representa utilização em 100% do tempo ou em grande parte da jornada de trabalho.

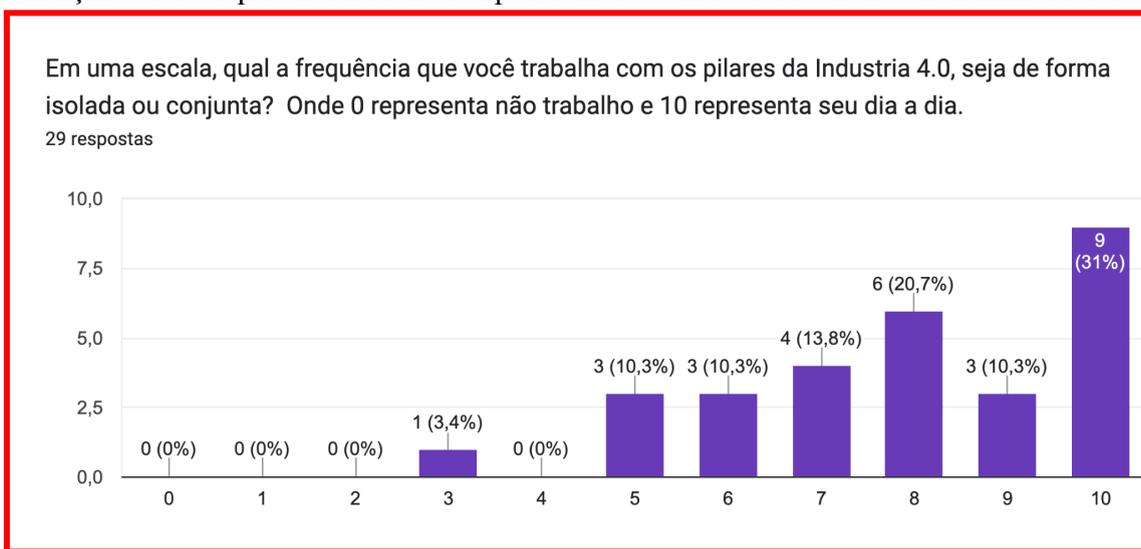


Fonte: O Autor, 2023.

Na continuação do formulário, tem-se a relação do entrevistado com os pilares da indústria 4.0, onde é possível verificar que 62% do público tem algum tipo de interação com eles, conforme o gráfico 9, e na sequência, no gráfico 10, constata-se que os 4 principais pilares utilizados são Computação em Nuvem, utilizado por 65,5% dos entrevistados, Internet

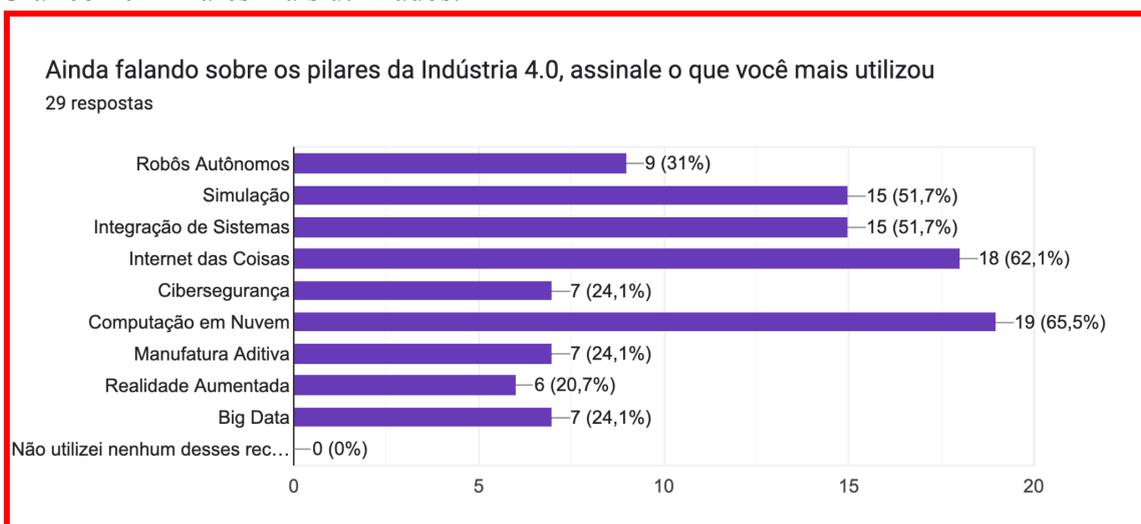
das Coisas utilizado por 62,1% do público, Integração de Sistemas e Simulação utilizados por 51,7% das pessoas entrevistadas. É importante ressaltar que, apesar de utilizados por uma parcela menor da população alvo, 100% dos pilares foram utilizados por pelo menos 20,68% do público.

Gráfico 9 - Qual a frequência que você trabalha com os pilares da Indústria 4.0? - Na escala de 0 a 3 representa não trabalho ou trabalho muito pouco, de 4 a 7 representa que existe uma interação mais frequente e de 8 a 10 representa um trabalho com alta intensidade ou diário.



Fonte: O Autor, 2023.

Gráfico 10 - Pilares mais utilizados.

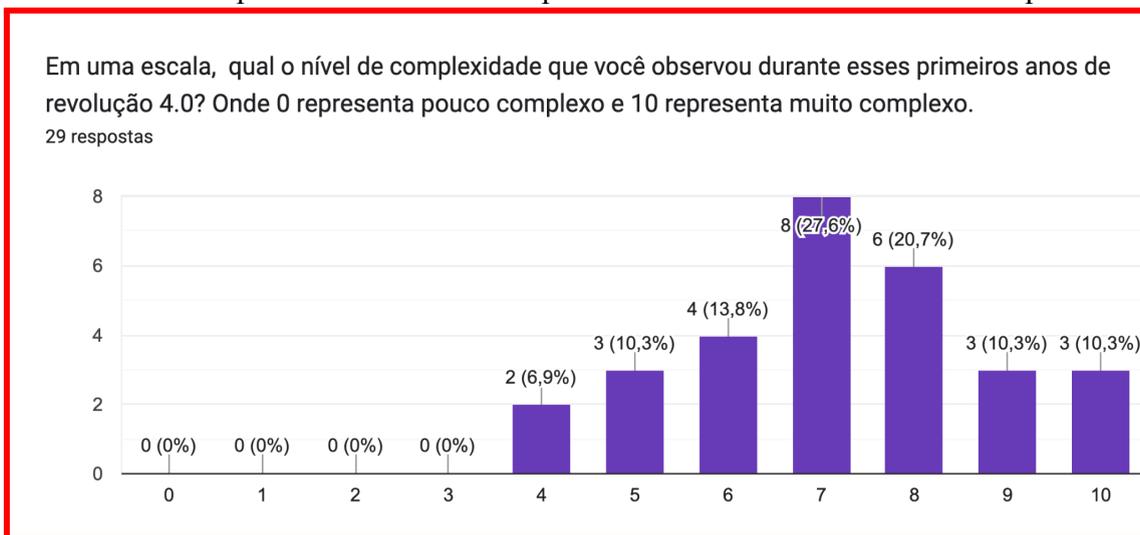


Fonte: O Autor, 2023.

Percebe-se que a Indústria 4.0 tem ganhado cada vez mais notoriedade no dia a dia dos engenheiros, porém, durante esses primeiros 12 anos que o tema vem sendo trabalhado, sabe-se que existem diversas complexidades envolvidas em uma revolução industrial. Contudo, os entrevistados confirmaram essa premissa de que revoluções trazem complexidades as quais não existe preparo, tanto no ponto de vista em relação à indústria como um todo, vide gráfico 11, como na visão pessoal de cada um na complexidade na sua rotina de trabalho, conforme o gráfico 12. Aqui é possível perceber também que quanto maior a idade dos entrevistados, mais complexo foi o processo de adaptação, logicamente existem

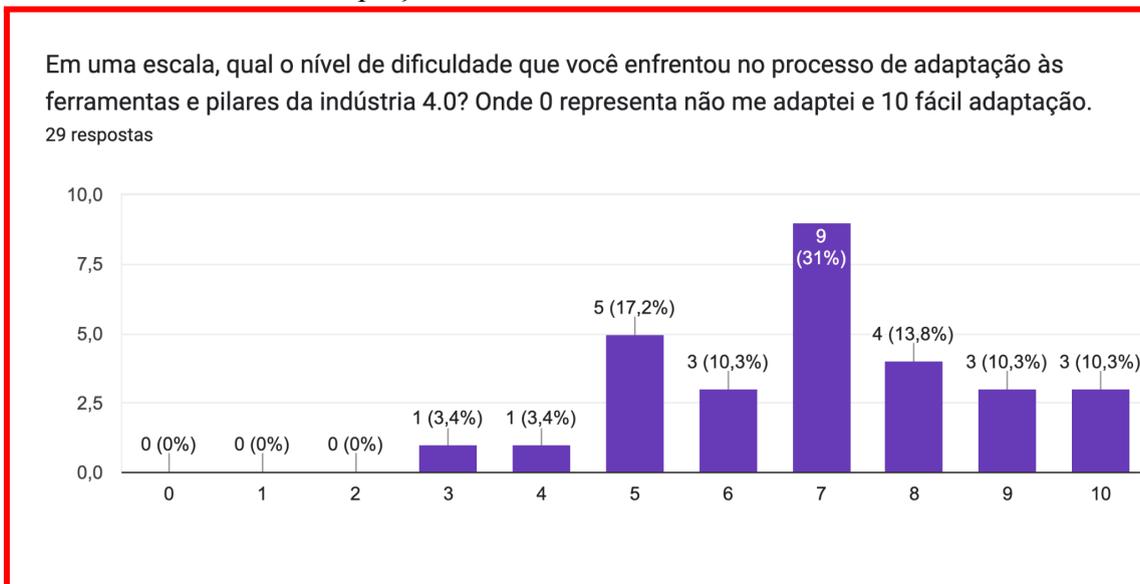
exceções, mas de fato a idade é um fator que determina como, quando e em qual velocidade as inovações serão inseridas no seu trabalho.

Gráfico 11 - Qual o nível de complexidade observado neste início da quarta revolução industrial? - Onde de 0 a 3 é considerado pouco ou nada complexo, de 4 a 7 representa um certo nível de complexidade e de 8 a 10 representa muito ou extremamente complexo.



Fonte: O Autor, 2023.

Gráfico 12 - Qual o seu nível de dificuldade encontrado no processo de adaptação às ferramentas e pilares da indústria 4.0? - Onde de 0 a 3 representa pouco ou nenhuma dificuldade, de 4 a 7 representa um nível de dificuldade razoável e de 8 a 10 representa muito ou extremamente difícil adaptação.

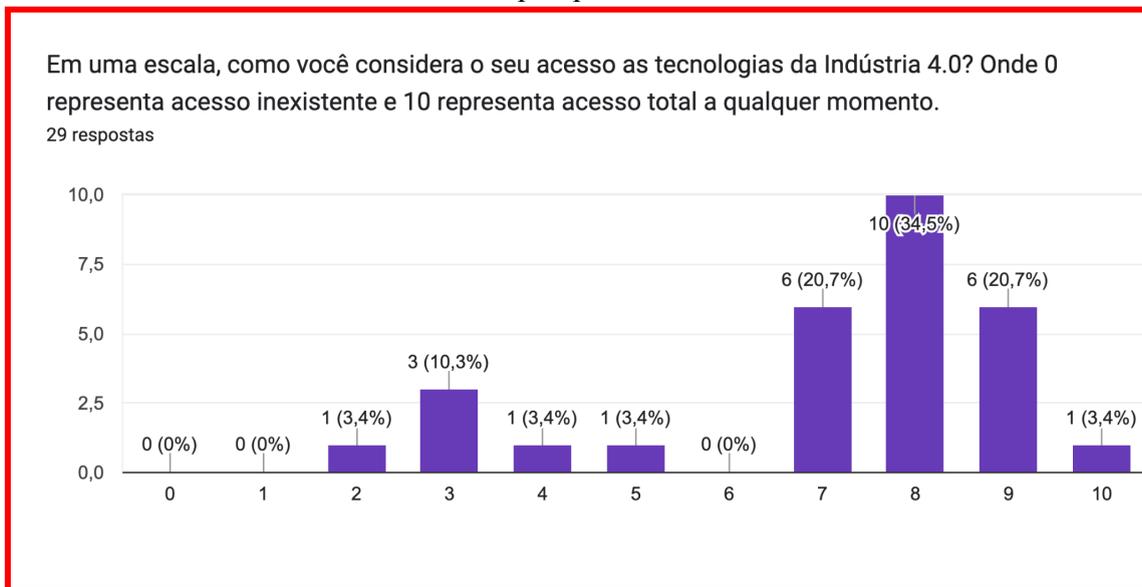


Fonte: O Autor, 2023.

Agora tem-se representado o acesso às tecnologias da Indústria 4.0, tanto por parte do entrevistado, como por parte da indústria de modo geral. Observou-se que, segundo o ponto de vista de 58,6% dos entrevistados, no gráfico 13, o alcance pessoal às ferramentas é considerado muito acessível, enquanto quando olham para a indústria a opinião se torna mais abrangente, no sentido de compreender todo o gráfico 14, porém 58,6% considera acesso

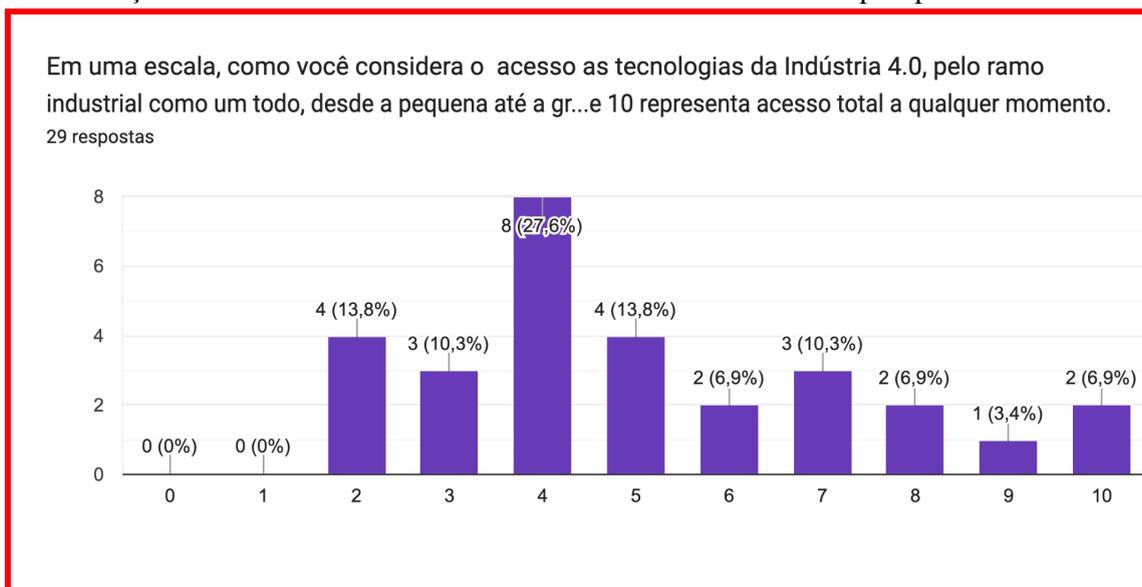
razoável as tecnologias por parte das pequenas, médias e grandes empresas, com 27,6% tendendo para pouco acesso.

Gráfico 13 - Acesso pessoal às tecnologias da indústria 4.0 - Onde de 0 a 3 considera-se acesso inexistente ou pouco acesso, de 4 a 7 acesso razoável ou com restrições e de 8 a 10 acesso com facilidade ou acesso total a qualquer instante.



Fonte: O Autor, 2023.

Gráfico 14 - Acesso das pequenas, médias e grandes empresas as tecnologias da indústria 4.0 - Onde de 0 a 3 considera-se acesso inexistente ou pouco acesso, de 4 a 7 acesso razoável ou com restrições e de 8 a 10 acesso com facilidade ou acesso total a qualquer instante.



Fonte: O Autor, 2023.

Ao realizar um paralelo com as outras três revoluções industriais é possível observar que o que está sendo vivenciado na indústria é o mesmo que se viveu nos outros períodos em que algo novo estava surgindo. Incertezas, medos e resistências são adjetivos característicos do período inicial de uma evolução no ramo industrial e que se refletem em todas as

revoluções, com algumas características que as diferem, mas mantém esse padrão de comportamento.

Observando o anexo I deste artigo, comprova-se essa visão ao ler alguns comentários feitos pelos entrevistados. Alguns citam o conflito de gerações que é um fator considerável a aplicação destas tecnologias, o semi sucateamento da indústria brasileira é um fator que impede a evolução mais acelerada do conceito 4.0, enfim são diversos fatores que atrasam a sequência evolutiva. Em contrapartida, a maioria dos entrevistados reconhece os benefícios que a indústria 4.0 traz e principalmente a facilidade, agilidade, rapidez e precisão de dados que trazem para o dia a dia.

De um modo geral, ao comparar os comentários com a literatura proposta por José Benedito Sacomano em "Indústria 4.0 - Conceitos e Fundamentos" é possível constatar que o que se é proposto na literatura, é o que se é aplicado na vida real, porém o que se difere é a velocidade com que as iniciativas são implementadas.

Enquanto na literatura, o ideal de uma indústria 4.0 é ter todos os pilares operando de modo integral e interligado, na vida real observa-se que cada pilar ainda é tratado de forma individual e o assunto em si é tratado de forma individual. Em tese os temas devem ser tratados em conjunto e para que pudesse existir um crescimento paralelo de cada pilar, de modo que a tecnologia empregada em todos os equipamentos seja desenvolvida no mesmo período. Isso traria uma maior compatibilidade entre os sistemas e equipamentos dos mais variados tipos, como máquinas produtivas, sistemas e equipamentos de medição e controle, enfim todos os ativos necessários para que uma fábrica rode de forma 100% 4.0.

CONCLUSÕES

Tendo em vista os resultados da pesquisa é notório o impacto da indústria 4.0 no dia a dia do engenheiro, trazendo diversos benefícios aos seus respectivos trabalhos, o mundo 4.0 permite que o engenheiro trabalhe muito mais na parte racional, do que na operacional. Antes o profissional tinha que ir diversas vezes até a máquina para entender o problema, hoje com os dados e informações disponíveis esse trabalho se reduz a poucas idas até a frente da estação de trabalho ou até nenhuma. No passado era necessário se desenvolver diversos protótipos de um produto para a certificação, hoje, com as simulações é possível realizar protótipos mais assertivos. Existe uma infinidade de possibilidades e melhorias que o mundo 4.0 traz para o engenheiro.

Em contrapartida, é visto que o custo de implementação e até de manutenção destes recursos é um ponto que inviabiliza o acesso a essas tecnologias. Quando se fala de uma indústria, os processos que necessitam de melhoria ou até de substituição são inúmeros o que torna o processo de modernização muito mais custoso e por consequência não gera um retorno expressivo, no ponto de vista financeiro. Outro impacto que a concretização desta indústria traz é a parte de adaptação que os profissionais mais antigos ao novo mundo. Muitos possuem facilidade e em um curto espaço de tempo conseguem utilizar as novas ferramentas, mas ainda temos aqueles que não possuem essa destreza e acabam, muitas vezes, sendo até contrários à instalação de processos 4.0.

Outro ponto que é necessário ter atenção é o como o conceito de indústria 4.0 está sendo visto e implementado. A indústria 4.0 consiste, de forma resumida, em todos os pilares interligados entre si, operando de maneira conjunta e da forma mais autônoma possível, mas ao olhar para a indústria, se percebe que a implementação dos pilares tem sido de maneira isolada e muitas vezes desconexa umas com as outras. Antes de realmente partir para a implementação de um processo 4.0, é necessário desenvolver uma equipe com os conceitos sobre o tema, que seja capaz de enxergar os pontos que podem iniciar esse processo e fazer

todo o levantamento correto de como deve ser a transformação para que ele seja totalmente 4.0.

De modo geral o conceito 4.0 é algo que está inserido na indústria e que hoje é o grande objetivo a ser alcançado, mas que ainda está no início de um processo que levará anos. Além de que nenhuma empresa será capaz de acompanhar todas as evoluções em 100% do tempo, já que tecnologias e equipamentos melhores surgem todos os dias. Se faz necessário estabelecer um limite de até onde a empresa pode investir nessa evolução do seu processo, bem como priorizar ativos e as subdivisões do processo que tem uma necessidade maior de serem industrializadas no modo 4.0.

Para dar sequência a este entendimento dos impactos da indústria 4.0 no dia a dia do engenheiro, seria interessante fazer uma pesquisa mais aprofundada e individualizada, compreendendo como cada pilar influencia no trabalho do engenheiro e o quanto eles estão integrados entre si em determinada realidade. Além de buscar segregar por setor da indústria e por engenharia, visto que cada um deles terá uma particularidade diferente nos seus processos, desde a parte de projetos até a parte de manutenções. Existindo essa divisão e aumentando o número de entrevistados, será possível identificar ainda mais o comportamento desta jovem revolução industrial.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de louvar e agradecer a Deus por ter me dado força, sabedoria, paciência, discernimento e capacidade de escrever esse artigo e de chegar até esse ápice da graduação, mesmo tendo passado por um dos piores cenários que a humanidade já viu. Agradeço aos meus pais, Gilson Antonio Rech e Eliana Kracyzy por me proporcionarem a oportunidade de estudar durante a graduação sem me preocupar com questões financeiras e por me darem todo o ensinamento, suporte, amor e carinho para concluir essa etapa. Sou grato a minha namorada Letícia Maia Arnaud, por todo apoio nas horas mais difíceis. A toda a minha família por sempre me apoiar nos estudos. A todas as empresas que passei durante a graduação, em especial a General Motors do Brasil, que me proporcionou desenvolver esse trabalho durante meu período de estágio com a supervisão direta do Vitor Rodrigues e do Felipe Pontelli, apoio dos engenheiros Francisco Oliveira, Eduardo Bizewski, Anderson Fritzke, Rômulo Soares, juntamente com todo o time da manutenção central da Planta de Joinville. Agradeço também aos meus amigos que sempre estiveram do meu lado, torcendo pelo meu sucesso. Grato pelos meus colegas de turma que passaram pelas dificuldades de uma pandemia jamais vista e foram cruciais para que pudesse chegar até aqui.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Paulo Samuel de. Indústria 4.0 - Princípios Básicos, Aplicabilidade e Implementação na Área Industrial. Editora Saraiva, 2019. *E-book*. ISBN 9788536530451. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536530451/>. Acesso em: 18 de abril de 2023.

AZUMA, Ronald T. A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments Hughes Research Laboratories, 1997. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=3-VYNGabp80C&citation_for_view=3-VYNGabp80C:u5HHmVD_uO8C . Acesso em: 24 de abril de 2023.

COSSETTI, Melissa Cruz. O que é Inteligência Artificial?, 2019. Disponível em: [O que é inteligência artificial? – Tecnoblog](#) . Acesso em: 21 de abril de 2023.

CRUZ, Juliana Machado. Fordismo, 2023. Disponível em: https://www.infoescola.com/administracao/_fordismo/. Acesso em 18 de abril de 2023.

CULLINEN, M. Machine to machine technologies: unlocking the potential of a \$1 trillion industry. Washington, DC: Carbon War Room, 2013. Disponível em: http://about.att.com/content/dam/csr/11_18assets/TechAssets/cwr_m2m_down_singles.pdf. Acesso em: 24 de abril de 2023.

DAUDT, Lourenço. Revolução Industrial: quais os impactos gerados até a indústria 4.0, 23/08/2021. Disponível em: [Revolução Industrial: quais os impactos gerados até a indústria 4.0](#). Acesso em: 05 de abril de 2023.

GOMES, H. M. C. Construção de um sistema de RFID com fins de localização especiais. 2007. 104 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Eletrônica) - Universidade de Aveiro, Aveiro, 2007. Acesso em: 24 de abril de 2023.

GONTIJO, Camila. O Modelo Alemão para o Desenvolvimento da Indústria 4.0. Sebrae 02 de Fevereiro de 2018. Disponível em: [O modelo alemão para o desenvolvimento da indústria 4.0 - Sebrae](#). Acesso em: 28 de março de 2023.

LOPES, Charles; GARCIA, Marcus; ASSUMPÇÃO, Thiago. As Revoluções Industriais e o Surgimento do Proletariado Urbano, 07/10/2020. Disponível em: https://ojs.eniac.com.br/index.php/Anais_Sem_Int_Etn_Racial/article/view/646 . Acesso em: 14 de abril de 2023.

MARQUES, K. Manufatura aditiva: o futuro do mercado industrial de fabricação e inovação. São Carlos: EESC-USP, 2014. Disponível em: http://www.eesc.usp.br/portal/eesc/index.php?option=com_content&view=article&id=1934:manufatura--aditiva-o-futuro-do-mercado-industrial-de-fabricacao-e-inovacao&catid=115&Itemid=164 . Acesso em: 24 de abril de 2023.

MORBI, Henrique. Simulação na Indústria 4.0: o que é e quais são suas vantagens?, 2019. Disponível em: [Simulação na Indústria 4.0: o que é e quais são suas vantagens? – B2i](#). Acesso em: 24 de abril de 2023.

NEVES, D; SOUZA, R. Revolução Industrial, 2023. Disponível em: [Revolução industrial: causas, fases, consequências, resumo](#). Acesso em: 13 de abril de 2023.

REVOLUÇÃO. In Michaelis On-Line. São Paulo: Editora Melhoramentos Ltda, 2023. Disponível em <[Revolução | Michaelis On-line](#)>. Acesso em: 13 de abril de 2023.

SACOMANO, José B.; GONÇALVES, Rodrigo F.; BONILLA, Sílvia H. Indústria 4.0: conceitos e fundamentos. Editora Blucher, 2018. *E-book*. ISBN 9788521213710. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521213710/>. Acesso em: 24 de março de 2023.

SALMORIA, G. V. et al. Prototipagem rápida por impressão 3D com resinas foto curáveis: uma análise sobre as tecnologias disponíveis no mercado nacional. Anais do 9o Congresso Brasileiro de Polímeros, v. 9, p. 360-367, 2007. Acesso em: 24 de abril de 2023.

SÁTYRO, Walter. et al. Industry 4.0: evolution of the research at the APMS Conference. In: IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems. APMS 2017: Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing, 2017. p. 39-47. Acesso em: 24 de abril de 2023.

sem autor. CAD, CAE E CAM: Qual a diferença entre eles?. 4i Engenharia, 2022. Disponível em: [CAD, CAE E CAM: Qual a diferença entre eles?](#). Acesso em: 24 de abril de 2023.

SOUSA, Rafaela. "Segunda Revolução Industrial"; *Brasil Escola*. Disponível em: [Segunda Revolução Industrial: causas e consequências - Brasil Escola](#). Acesso em: 18 de abril de 2023.

SOUSA, Rafaela. "Terceira Revolução Industrial"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/terceira-revolucao-industrial.htm>. Acesso em: 18 de abril de 2023.

STEUER, Jonathan S. (1992). Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), 73–93. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x>. Acesso em 24 de abril de 2023.

Anexo I

Neste anexo se encontram os comentários feitos pelos entrevistados do formulário, na pergunta 10 da seção 3 do formulário.

"Praticidade, mais eficiente, melhores resultados"
"Hoje atuo com o desenvolvimento de produtos para o segmento da construção civil, e a Indústria 4.0 teve o potencial de trazer avanços significativos para esse setor, através da automação de processos, integração de dados e utilização de tecnologias como Internet das Coisas (IoT), impressão 3D e inteligência artificial. Isso resultou em um aumento da eficiência e produtividade, redução de custos, personalização de produtos, desenvolvimento de materiais mais sustentáveis e maior controle de qualidade. Além disso, a digitalização e a conectividade gerou a colaboração entre diferentes atores da cadeia de suprimentos, facilitando a troca de informações e acelerando o desenvolvimento e lançamento de novos produtos."
"A Indústria 4.0 alterou a maneira da indústria realizar processos. Pensando em uma linha de produção genérica, hoje, além dos processos físicos nas peças para agregar valor, utiliza-se também a indústria 4.0 para agregar valor no produto, rastrear e analisar. Dessa forma, somam-se as preocupações normais, as novas, voltadas às tecnologias exploradas (e não exploradas)."
"Indústria 4.0 é algo que está na minha rotina de ativas, buscando colocar em prática tudo que estudei na graduação e pós graduação sobre indústria 4.0"
"Melhorias e avanços nas atividades do trabalho"
"Acredito que veio para otimizar processos de fabricação, reduzindo mão de obra em trabalhos repetitivos e aumentando a qualidade dos produtos."
"Acredito que, mesmo havendo enormes benefícios na aplicação de recursos relacionados à indústria 4.0, existe um grande receio por parte de algumas áreas/empresas em adaptar-se à mudança que esses novos processos exigem. O grande desafio é vencer o "status quo"."
"A Indústria 4.0 trouxe redução de tempo na execução de atividades repetitivas, maior produtividade, maior confiabilidade, menor custo, melhor utilização da mão de obra especializada, mais segurança, mas ainda enfrenta grandes desafios tecnológicos e barreiras entre gerações."
"O conceito da indústria 4.0 abrange uma série de tecnologias que interessam à indústria e tem potencial de revolucionar a forma de produção de diversos setores. A maior automação e uso da inteligência nos meios de produção tem potencial para aumentar a produtividade e evitar erros e falhas humanas. Porém, é necessário ter em mente que o processo de desenvolvimento dessas

tecnologias irá selecionar as aplicações que fazem sentido, muitas vezes frustrando expectativas geradas na fase de idealização."

"A utilização da indústria 4.0 sempre está presente, porém é percebido um atraso entre o que há disponível e o que se tem executado. Comumente vemos aplicações antigas, longe de fornecer uma qualidade de informação que pode ser possível a partir da aplicação ideal da indústria 4.0."

"A Indústria 4.0 tem gerado melhorias. De maneira considerável a capacidade de resposta e segurança dos empregados, porém empresas de pequeno e médio porte, têm encontrado dificuldades devido ao alto custo de implementação/instalação de equipamentos mais modernos e alto custo de manutenção dos mesmos."

"As inovações e revoluções trazidas pela indústria 4.0 impactam diretamente a realidade de meu trabalho. Creio que principalmente a questão da integração dos sistemas e utilização de ferramentas de análise de dados e inteligência artificial tem se expandido muito na indústria, tendo um papel cada vez mais importante nas empresas. Trabalho com sistemas de monitoramento de máquinas e neste meio, tais ferramentas têm sido cada vez mais implementadas e desenvolvidas, no sentido de integrar diferentes dados de sensoriamento para que se possa executar diagnósticos mais eficientes e precisos. Estes pilares têm sido grandes propulsores de ferramentas de manutenções preditivas e a tendência é que se desenvolvam cada vez mais."

"Grande parte dos itens da indústria 4.0 estão no dia a dia do trabalho das empresas. Praticamente todos os sistemas lançados nos últimos anos trabalham com a computação em nuvem e tem um nível extremo de preocupação com a cibersegurança. Robôs autônomos e sistema de gêmeos digitais avançam em boa velocidade principalmente em empresas de grande faturamento. A realidade digital avança em vários níveis de indústria e também na agricultura brasileira. Os impactos na realidade do trabalho são visíveis, mesmo o Brasil estando atrasado em relação aos países de economia mais poderosa."

"Estou fazendo mestrado em engenharia mecânica, com foco em análise e simulação numérica, posso dizer que os impactos da indústria 4.0 são grandes e benéficos, tanto na redução de custos quanto na otimização de tempo no desenvolvimento de novos projetos."

"As tecnologias de indústria 4.0 ainda estão sendo estudadas pela maior parte das indústrias brasileiras, então os impactos são os de pesquisa e estudo de aplicação."

"Impactos totalmente positivos, nos quais apresentam ferramentas para agilizar e aumentar a eficiência das equipes envolvidas."

"A indústria 4.0 está totalmente relacionada a minha função e atividades profissionais do dia a dia, sendo de total importância em questão a velocidade de informações e resolução de problemas pertinentes a área em que atuo. Hoje a indústria onde trabalho é digitalizada, em todos os meios, facilitando a agilidade do processo produtivo total."

"UMA REVOLUÇÃO SEM PRECEDENTES, MAS QUE AINDA SE CONFUNDE COM AS

TECNOLOGIAS JÁ EXISTENTES E ELABORADAS, OU SEJA, TEMOS MUITA PROPAGANDA COM EMPRESAS TENTANDO SE PROMOVER COM ALGO JÁ EXISTENTE (NADA NOVO)"

"Penso que são ferramentas que podem ajudar muito os processos, mas que em um geral vejo sendo muito subutilizadas, seja por falta de conhecimento, por complexidade ou até por falta de tempo para serem utilizadas."

"De qualquer lugar do mundo (com acesso à internet) consigo saber como está o andamento do processo de fabricação, o status das ordens de produção, gerenciar e interagir com sistemas que impactarão diretamente a produção. Isso realmente é incrível. No entanto, percebo que ainda existe espaço para conectividade de ferramentas, máquinas e equipamentos aos sistemas para poderem proporcionar maior integração e serem explorados por analistas de dados com o objetivo de otimizar os processos produtivos bem como o desenvolvimento de produtos e serviços."

"Na empresa em que trabalho é muito baixo o nível de aplicação da ind4.0."

"Apesar do potencial gigante da Indústria 4.0 impactar positivamente na realidade do trabalho industrial, infelizmente, na atualidade os impactos são muito pequenos, pois a indústria brasileira está semi sucateada, e está longe de atingir a maturidade tecnológica necessária para a real aplicação da Indústria 4.0."

"Os impactos seriam fantásticos, mas ainda temos um longo caminho pela frente!"

"O impacto será a rapidez nos serviços a serem realizados bem como a qualidade."

"A indústria 4.0 gera um enorme melhoria de produtividade, segurança e qualidade.

Facilitando o dia a dia da manufatura"