

A ERA DOS DADOS: COMO A CIÊNCIA E ANÁLISE DE DADOS INFLUI NAS DECISÕES DE PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0.

Victor Felipe de Lima¹
Profa. Dra. Vânia Érica Herrera²

RESUMO

A geração e armazenamento de dados cresce rapidamente e por vezes de forma caótica. Por isso, a análise de dados tem se tornado cada vez mais essencial para empresas dos mais variados portes e segmentos. Isso se deve à necessidade constante e premente que estas têm de desbloquear informações e conhecimentos fundamentais contidos nos dados, para orientar a tomada de decisão de gestores na busca pelo aprimoramento de produtos e negócios. E, no contexto da indústria 4.0, os dados têm sido tratados como o ativo mais valioso e importante de qualquer empresa. Neste contexto, o objetivo deste trabalho de pesquisa foi analisar, compreender e descrever como os dados e principalmente a análise de dados influenciam as decisões de produção no contexto desta nova indústria e, desta forma, promover uma reflexão sobre as contribuições necessárias do profissional de engenharia da produção no contexto da otimização da indústria nacional. Para tanto, a metodologia baseou-se em uma pesquisa bibliográfica básica de caráter exploratório/descritivo e abordagem qualitativa, que incluiu 18 publicações científicas. Conclui-se que empresários, gestores e demais profissionais envolvidos, devem estar, cada vez mais conscientes da importância de se utilizar a análise de dados como ferramenta para otimizar o desempenho produtivo/operacional e a competitividade, por meio de tomadas de decisão gerenciais e produtivas, guiadas por Dados.

Palavras-chaves: Indústria 4.0, Análise de Dados, Ciência de Dados, Big Data, Internet das Coisas Industrial - IioT, Engenharia de Produção.

ABSTRACT

The generation and storage of data grows rapidly and sometimes chaotically, therefore, data analysis has increasingly become essential for companies of the most varied sizes and segments. This is due to the constant and pressing need that they have to unlock fundamental information and knowledge contained in the data, to guide the decision-making of managers and entrepreneurs in the search to improve products and businesses. And, in the context of industry 4.0, data has been treated as the most valuable and important asset of any company. In this context, the objective of this research work was to analyze, understand and describe how the data and mainly the data analysis influence the production decisions in the context of this new industry and, in this way, promote a reflection on the necessary contributions of the professional engineering of production in the context of optimizing the national industry. For this, the

¹ Graduando do curso de Engenharia de Produção pela UNIVEM - Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha – FEESR. E-mail victorfelipe.fxz@gmail.com

² Professora do UNIVEM e Coordenadora do Curso de Engenharia de Produção. Doutorado em Ciências Sociais pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos. E-mail vania@univem.edu.br

methodology was based on a basic bibliographic research of an exploratory/descriptive nature and a qualitative approach, which included 18 scientific publications. It is concluded that

entrepreneurs, managers and other professionals involved are increasingly aware of the importance of using data analysis as a tool to optimize productive/operational performance and competitiveness, through management and production decision-making, guided by Dice.

Keywords: Industry 4.0, Data Analytics, Data Science, Big Data, Industrial Internet of Things - IIoT, Production Engineering.

1 INTRODUÇÃO

Estão inseridos em um período histórico muito importante no que se refere às tecnologias da informação e de produção, onde mais uma vez os meios de produção e distribuição de bens, produtos ou mercadorias estão sendo radicalmente transformados. Essa transformação tem costumeiramente sido denominada como: a “Quarta Revolução Industrial”, também conhecida como Indústria 4.0. Essa nova revolução dos meios de produção e, por conseguinte, das relações de trabalho, essencialmente, está baseada em processos de automação e monitoramento inteligente, bem como na análise automatizada da cadeia de distribuição, isso por meio de tecnologias inteligentes fortemente fundamentadas em dados.

Nesse contexto transformador, os dados gerados por sensores e atuadores alimentam a Indústria 4.0, por meio da chamada Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things* ou *IoT*) e que na indústria pode assumir a forma (Internet Industrial das Coisas), bem como a todo um espectro de sistemas ciberfísicos inteligentes e altamente autônomos, que geram e usam dados em um ciclo constante de análise e criação de modelos e algoritmos de aprendizado de máquina e inteligência artificial, para monitorar e controlar autonomamente os sistemas físicos como máquinas e mecanismos de produção (Freitas *et al*, 2016; Xu *et al*, 2018; Grande, 2019).

Logo, é possível inferir a importância dos dados neste momento de mudanças profundas nos paradigmas de produção e consumo de produtos e serviços onde as empresas, para se manterem no mercado e altamente competitivas, em um mundo cuja a competição se dá em um nível global devem, cada vez mais, adotar modernos modelos, sistemas e tecnologias, para efetivamente tornarem-se mais ágeis, eficientes e produtivas. Como argumentam Oian *et al* (2018), devido às inúmeras inovações emergentes “a vantagem competitiva será determinada pela flexibilidade, adaptabilidade e pelo planejamento contínuo”.

O presente trabalho busca analisar, inferir e descrever o atual estado da indústria 4.0, seus conceitos básicos, suas tecnologias pilares, áreas emergentes, barreiras para implementação, desafios e oportunidades. E, desta forma, entender e descrever como os dados influem nas decisões de produção no contexto dessa nova indústria. Por fim, esta pesquisa visa gerar informações tecno-científicas relevantes sobre a importância dos dados enquanto característica definidora dessa nova indústria. Bem como, ambiciona promover uma reflexão sobre as contribuições necessárias do profissional engenheiro de produção no contexto da modernização da indústria nacional, frente as demandas da quarta revolução industrial.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho de pesquisa, devido sua proposta, é fundamentado em pesquisa bibliográfica básica, trata-se de uma pesquisa de natureza exploratória/descritiva e de abordagem qualitativa. De acordo com Lakatos (2007), invariavelmente, todo projeto de pesquisa essencialmente deve conter as premissas ou pressupostos teóricos sobre os quais o pesquisador fundamentará toda a sua interpretação. Nesse sentido, esta pesquisa objetiva essencialmente explorar, analisar e descrever a evidente importância fundamental dos dados no contexto da indústria 4.0 e pontuar como a análise e ciência de dados influi nas decisões de produção nesta nova indústria.

Para tanto, propõe uma investigação metódica por meio de pesquisa e revisão bibliográfica convencional que, de acordo com Dalfovo (2008) é basicamente o ponto inicial de toda pesquisa científica, onde o pesquisador busca balizar sua pesquisa em fundamentação teórica advindas de estudos anteriormente feitos por pesquisadores.

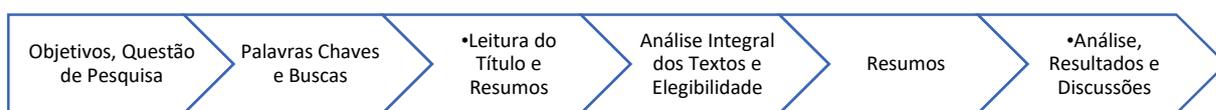
A metodologia tem uma abordagem indutiva, o que conforme Santos *et al.* (2018), possibilita expandir uma teoria existente, observar fenômenos particulares, identificar as regularidades existentes entre eles, e generalizar o objeto investigado. Ao que tange à classificação da pesquisa como de natureza exploratória, se justifica, posto que propõe-se explorar e entender como técnicas e tecnologias modernas de ciência e análise de dados influi nas decisões de produção dentro desse novo conceito de produção industrial. Nesse sentido, conforme Gil (2002), a pesquisa de natureza exploratória tem o objetivo primevo de “proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou

a construir hipótese." A revisão de literatura ou pesquisa bibliográfica, de acordo com Morandi et al (2015), é útil para "mapear, encontrar, avaliar criticamente, consolidar e agregar resultados de estudos relevantes, com relação a um problema ou domínio específico de pesquisa".

Quanto aos procedimentos metodológicos, em uma primeira fase, a pesquisa teve início com a definição dos objetivos, estratégias e da questão de pesquisa. A segunda etapa se realizou com a busca metódica por artigos científicos que contemplasse os termos: "Indústria 4.0" e "Industry 4.0". A pesquisa bibliográfica transcorreu no período de maio até julho de 2022, e foi efetuada nas bases de dados: SCIELO, ResearchGate e Google Acadêmico, onde foram selecionados 18 artigos científicos para compor o corpus.

Logo, o processo de seleção dos artigos componentes do corpus documental se deu tendo como base os objetivos e no problema de pesquisa, onde primeiro efetuou-se a seleção por meio da leitura do título e resumos, e em uma fase subsequente foi realizado uma pré-análise integral dos textos para a análise de elegibilidade, o que finalmente possibilitou a definição final do corpus do referencial teórico. Portanto, a escolha ou elegibilidade levou em conta apenas pesquisas que investigaram questões relacionadas com as características definidoras da indústria 4.0, e com relação direta ou indireta com dados e análise e ciência de dados e que contemplasse: aspectos teóricos e/ou práticos, ou revisões sistemáticas de literatura abordando produções científicas que investigaram a conceitualização, tecnologia bases e aplicação da indústria 4.0.

Figura 1 – Estrutura metodológica deste trabalho, principais fases da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A etapa subsequente (a qual se constituiu a partir do final da elegibilidade dos artigos), se realizou com a leitura exploratória e analítica dos textos, onde foram confeccionados resumos que destacaram: problemas de pesquisa, metodologia, objetivos e as conclusões de cada artigo componente do corpus documental. Assim, com base nos artigos selecionados por suas relações direta ou indireta com os critérios pré-estabelecidos, ou seja, a importância dos dados na indústria 4.0, bem como as principais características,

conceitos e tecnologias desse novo paradigma de produção industrial. Foram construídas tabelas e um gráfico contemplando os principais aspectos de ordem quantitativa da pesquisa, isso, com o objetivo de destacar os principais itens e resultados da pesquisa, visando, desta forma, descrever os aspectos principais da pesquisa bibliográfica e a expor uma meta-análise do corpus documental.

3 INDÚSTRIA 4.0: CONCEITOS, EVOLUÇÃO E TECNOLOGIAS

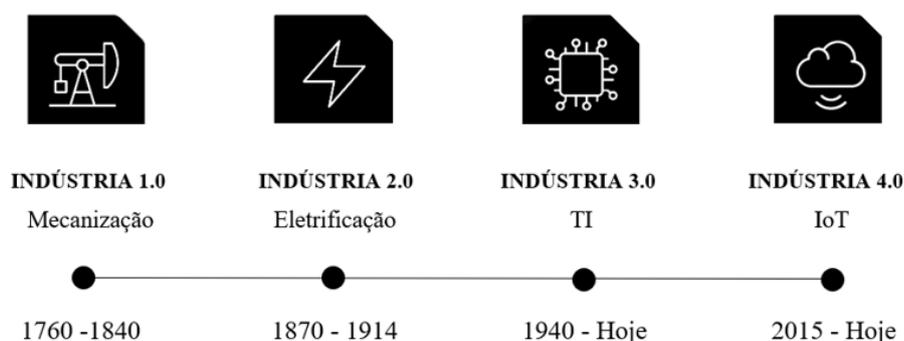
Conceitualmente, a Indústria 4.0 de acordo com Foresti *et al.* (2019) é definida como: “um novo paradigma produtivo intimamente ligado à rede, ao uso intensivo de informação e tecnologia, bem como à virtualização aplicada à produção de bens e serviços” onde, de acordo com os referidos autores “[...] pessoas, máquinas, equipamentos, sistemas de logística e produtos se comunicam e cooperam diretamente entre si”, a nomenclatura “Indústria 4.0” tem sido atribuída, por inúmeros autores, ao engenheiro e economista alemão Klaus Schwab que, entre outra, foi o fundador das bases do World Economic Forum ou (Fórum Econômico Mundial), tendo sido presidente executivo desta. Em seu livro intitulado “*The Fourth Industrial Revolution*”, Schwab (2016), relata que o termo “Indústria 4.0”, surge no ano 2011 na Alemanha, especificamente na conhecida “Feira de Hannover” e, a princípio, pretendeu sinterizar como essa “indústria inteligente” revolucionará globalmente toda a cadeia de valor.

Deste modo, ao permitir meios otimizados e mais inteligentes de produção e de prestação de serviços, a Indústria 4.0, verdadeiramente, possibilita uma revolução ao desenvolver as bases de um mundo no qual, conforme Ortega (2019), “os indivíduos e empresas transitam entre domínios digitais altamente conectados, que transformará a forma como a sociedade vive, trabalha, se relaciona e gerencia sua existência social e econômica.” Onde os sistemas físicos e virtuais de fabricação constituem um universo ciber-físico, onde múltiplos sistemas de modo global e flexível se conectam e, de acordo com Pacchini et al. (2020, p. 282) “cooperam e trocam comandos entre si, armazenam grande e heterogêneos volumes de dados na nuvem e, automaticamente, identifica defeitos e efetuando autocorreções”.

Cada revolução industrial conforme Lima (2021) deve ser considerada como um evento isolado, entretanto, segundo a autora, em perspectiva tais eventos singulares podem ser melhor entendidos, sendo vistos como uma série de eventos baseados em inovações

industriais que imediatamente se sucederam, levando a novas formas de produções e relações de trabalhos, onde tecnologias e modelos mais avançados se sobrepõem.

Figura 2 – Linha do tempo das revoluções industriais.



Fonte: Adaptado de Buchberger (2021).

Os novos recursos da Indústria 4.0 levam aos fenômenos das “coisas inteligentes” que conectam produtos e meios de produção em tempo real, possibilitando novos modelos de produção, criação de valor e otimização da produção. Essas coisas inteligentes variam de redes de energia, logística e instalações para manufatura, fábricas e cidades inteligentes. Dessa forma, produtos e meios de produção, de forma altamente “inteligente”, se conectam em rede de forma a se comunicar em tempo real e, desta maneira, possibilita novos modelos de produção, a criação de valor e a otimização da produção.

Dentre as principais tecnologias de transformação que formam a base da Indústria 4.0 conforme Yamada *et al.* (2019), destacam-se: o *Big Data* e *Analytics*, Robôs Autônomos, IoT Industrial (IIoT), Simulação/Digital, Sistemas Horizontais e Verticais, Cibersegurança, Tecnologia Baseadas na Nuvem, Inteligência Artificial e Realidade Aumentada.

Assim, a indústria 4.0 é sustentada por princípios de design e tecnologias emergentes, que proporcionam novos paradigmas visando a otimização de processos e serviços, promovendo uma maior eficácia e eficiência na produção e ciclo de vida de um produto.

Tabela 1 - Indústria 4.0, tecnologias e princípios de design.

Princípios de design	Tecnologias
----------------------	-------------

	Sistemas Ciberfísicos (CPS)	Internet industrial (IIoT)	Internet dos Serviços (IoS)	Fábrica Inteligente
Interoperabilidade	✓	✓	✓	✓
Virtualização	✓	-	-	✓
Descentralização	✓	-	-	✓
Capacidade em Tempo Real	-	-	-	✓
Orientação de Serviço	-	-	✓	-
Modularidade	-	-	✓	-

Fonte: Adaptado de Lima e Gomes (2020, p.10).

Portanto, a produção inteligente faz uso de tecnologias avançadas de informação e fabricação para alcançar processos de fabricação extremamente flexíveis, inteligentes e reconfiguráveis e, portanto, muito adaptável para atender as expectativas de um mercado consumidor cada vez mais exigente, dinâmico e global. Assim, esta nova revolução da indústria é possibilitada e absolutamente dependente dos dados e informação.

Dada esta fundamental importância dos dados e da análise de dados na fundação, implantação e desenvolvimento da indústria 4.0, as tecnologias de Big Data e Análise de Dados estão na fronteira para a inovação, competitividade e produtividade gerando valor e dirigindo as empresas a uma era de tomada de decisão de gestão e produção orientada por dados.

4 BIG DATA: CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS

De forma genérica o “Big Data” é o termo que tem sido usado para descrever um rico, vasto e complicado conjunto de características, práticas, técnicas e tecnologias que estão fortemente associadas ao alto volume, a alta velocidade e a grande variedade de dados coletados, armazenados e analisados por empresas e organizações. Não há uma definição clara ou única do que efetivamente é o Big Data, pois estas definições variam conforme a perspectiva de cada domínio, empresa ou organização que o define. Essencialmente o Big Data está relacionado ao Volume, Variedade, Veracidade, Velocidade e Valor dos dados.

Onde o Volume deriva o próprio nome Big Data e refere-se a um volume de dados que é muito grande e tende a crescer exponencialmente ao longo do tempo. Este tipo de

volume de dados invariavelmente exige o uso de técnicas e ferramentas de gerenciamento de dados não tradicionais que são projetadas para armazenar e/ou processar grandes volumes de dados de forma eficiente. Como resultado, o tamanho do conjunto de dados é crucial porque é necessário que os modelos estatísticos analisem e avaliem a riqueza dos dados antes de transformá-los em algo que tenha valor real para empresas e organizações. O volume é, portanto, sem dúvida, um fator que deve ser levado em consideração ao trabalhar com soluções de *Big Data Analytics* (Rautenberg e Carmo, 2019; Hadi *et al.* 2015; Siewert, 2013).

No Big Data a Variedade faz referência a fontes heterogêneas e à natureza dos dados, posto que ele lida com uma variedade de formas de dados, como dados estruturados, não estruturados e semiestruturados. Além disso, contém informações derivadas de planilhas, bancos de dados, e-mails, imagens, vídeos e textos em diversos formatos, arquivos de áudio e informações produzidas por ferramentas e métodos de processamento de dados. Observando que dados não estruturados normalmente são difíceis de serem compreendidos por sistemas computacionais e humanos, apresentando alguns desafios para o armazenamento, mineração e análise de dados (Rautenberg e Carmo, 2019; Hadi *et al.* 2015; Siewert, 2013).

O termo Velocidade refere-se à velocidade na qual os dados são gerados. Bem como a rapidez e eficiência do processamento desses dados, para atender às demandas que determinam o potencial real de valor dos dados. Como resultado, a complexidade e o significado básico do Big Data dependem da rapidez com que os dados fluem de fontes como processos de negócios, logs de aplicativos, redes, sites de mídia social e sensores, entre outros. E o fluxo de dados nesses sistemas, normalmente acontece de forma massiva e contínua (Rautenberg e Carmo, 2019; Hadi *et al.* 2015; Siewert, 2013).

Já o termo Veracidade faz referência a aspectos primordiais dos dados como: precisão, confiabilidade e qualidade dos dados e à inconsistência que pode ser mostrada pelos dados, o que por vezes dificulta o processo de tratamento e gerenciamento dos dados o que, por conseguinte pode inviabilizar o total aproveitamento dos dados de forma eficaz e efetiva (Rautenberg e Carmo, 2019; Hadi *et al.* 2015; Siewert, 2013).

E finalmente, o termo Valor, que se refere ao valor contido nos dados, que depois de minerados e analisados tendem a gerar valor à organização. Assim, o Big Data é uma ferramenta inútil, a menos que se possa transformar os dados nele contidos em valor. Logo, esse valor é gerado por meio dessa transformação de dados em informação e conhecimento,

o melhoramento de produtos e serviços, possibilitando um melhor atendimento ao cliente, uma melhoria da eficiência operacional, uma melhora significativa de tomada de decisão, entre outras (Rautenberg e Carmo, 2019; Hadi *et al.* 2015; Siewert, 2013).

Portanto, o Big Data Analytics por meio de tecnologias, métodos e modelos inovadores de análise descritiva, diagnóstica, preditiva e/ou prescritiva, promove a inferência que de modo geral leva a decisões e a ações, essencialmente balizadas em informação e conhecimento.

5 BIG DATA ANALYTICS: CIÊNCIA E ANÁLISE DE DADOS

O termo *Big Data Analytics* conforme Gökalp (2017), essencialmente, refere-se à utilização de tecnologias de inteligência e análise em Big Data. Isso corresponde a aplicar técnicas estatísticas, mineração de dados e de aprendizado de máquina, em dados de empresas e organizações objetivando extrair informações relevantes, investigando dados para revelar correlações ocultas e padrões inexplicáveis ou não aparentes e, assim, fomentar o conhecimento de gestores e produzir valores comerciais adicionais às empresas. Desta forma, por meio de *Big Data Analytics*, de acordo com Sucharitha *et al.* (2021) as empresas de variados segmentos podem adquirir e empregar conhecimento de negócios para agilizar e otimizar as decisões e os processos de produção e de negócios, permitindo melhores ações.

Conceitualmente, a análise de *big data*, de acordo com Balusamy *et al.* (2021) é a ciência aplicada para examinar ou analisar grandes conjuntos de dados com uma variedade de tipos de dados, ou seja, dados estruturados, semiestruturados ou não estruturados, que podem permitir proceder com melhores decisões, encontrar novas oportunidades de negócios, melhorar a competitividade melhorando o desempenho, a eficiência e reduzindo os custos de produção. E neste contexto, outras terminologias ou conceitos importantes dentro da *Big Data Analytics* são: *Data Warehouse* (ou, armazém de dados), *Business Intelligence* (BI), *Machine Learning* e o da Análise em si.

A análise de dados é fortemente baseada em estatística e probabilidades. E, nesse contexto, destacam-se quatro tipos principais: a análise descritiva, a diagnóstica, a preditiva e a prescritiva. Sendo que o uso de cada um desses tipos de análise é aplicado conforme o tipo ou conjunto específico de perguntas a que se quer responder.

A análise descritiva é um método estatístico que promove a análise de dados com foco em ocorrências passadas para entender e explicar o que aconteceu em um determinado

período e situação. Neste tipo de análise usa-se métodos estatísticos para verificar resumos de dados, transformar e agregar dados e promover a visualização de grandes quantidades de dados brutos e heterogêneos em um formato mais interpretável.

A análise diagnóstica também tem um foco no passado mas, por sua vez, seu uso objetiva diagnosticar o porquê ou os porquês de certos acontecimentos. Conforme Balusamy (2021) este método estatístico possibilita o entendimento do que estava acontecendo em dada situação pregressa e porque tal fato aconteceu. A análise diagnóstica é uma ferramenta eficaz e útil para que gestores e tomadores de decisão desbloqueiem *insights* valiosos e acionáveis. Esta abordagem estatística é realizada usando técnicas de mineração de dados, que podem fornecer padrões fundamentais sobre o comportamento de clientes e produção.

A análise preditiva tem, evidentemente, um foco no futuro posto que é empregada para prever determinadas situações, por meio da descoberta e projeção de padrões em um determinado conjunto de dados. Conforme Padmavathy (2022) o objetivo desta é modelar os comportamentos dos dados para extrair “o futuro” com uma análise completa de dados históricos. Assim, a análise preditiva de acordo com Mauro (2021) se concentra em responder às perguntas do tipo “o que aconteceu no passado?” e “por que isso aconteceu?” e “o que vai acontecer agora?”. Essa abordagem utiliza recursos e técnicas complexas para gerar previsões de forma altamente automatizada, otimizando a gestão do relacionamento com o cliente e orientando as decisões de produção.

Finalmente, a análise prescritiva, que assim como a anterior foca em ações ou direções futuras. E de acordo com Balusamy (2021) este método de análise fornece base para decisão, conseguindo ir além da análise pura dos dados, podendo fazer recomendações por meio de previsões de resultados futuros. Ou seja, com a análise prescritiva é possível formatar sugestões pontuais para extrair benefícios e valores por meio das previsões. Portanto, a análise prescritiva pode ser aplicada em planejamento de produção, marketing e planejamento financeiro.

Desta forma, conforme Medeiros *et al.* (2020), a combinação e uso dos tipos diversos de análises estatísticas, ou seja, descritivas, diagnósticas, preditivas e prescritivas tem um alto potencial de poder gerador de valor a um determinado negócio, sobretudo dentro dos modelos de Business Intelligence e do Big Data Analytics. Portanto, os dados uma vez tratados e analisados por métodos computacionais, estatísticos e matemáticos, transformam-

se em informação que gera o conhecimento que baliza a tomada de decisão de gestão e de produção.

Figura 3: Hierarquia entre dados, informação e conhecimento.



Fonte: Adaptado de Fávero (2017).

Assim, usar dados e análises para resolver problemas, particularmente a análise de Big Data, envolve trabalhar com grandes conjuntos de dados altamente complexos e em constante mudança e quantitativamente em evolução, é difícil e requer ferramentas estatísticas e uma equipe especializada (Marr, 2016). Mas, uma vez vencido os desafios, a análise de Big Data, entre outros, ajuda a identificar ações de otimização de produção e venda, mapeando os clientes e produtos, gerenciando imprevistos e fornecendo informação relevantes. Identificando o que aconteceu em dado momento, o sistema inteligente pode aprender a prever quando e onde o problema pode se repetir. E conforme Sucharitha (2022), devido a extraordinária capacidade das ferramentas de computação em nuvem de disponibilizar recursos computacionais altamente escaláveis e espaços crescentes de armazenamento, variadas empresas, de variados segmentos e tamanhos podem adquirir e usar conhecimento de negócios por meio de big data analytics, permitindo, efetivamente, agilizar e simplificar os processos de produção e de gestão.

6 CATEGORIZAÇÃO REFERENCIAL DOS TRABALHOS SELECIONADOS

Para descrever a abrangência e as fontes das obras que compõem o corpus documental do presente estudo, ver na tabela 2. Uma sistematização contendo os atributos: ID (identificador), título, autor, área de estudo, palavras-chave e demandas abordadas em cada um dos trabalhos analisados, destacando cada uma das obras escolhidas.

Tabela 2: Categorização referencial dos trabalhos selecionados.

ID	DADOS REFERENCIAIS DOS ARTIGOS SELECIONADOS	
1	TÍTULO: 1, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	Artificial Intelligence for Industry 4.0 in Iberoamerica - (VILLEGAS, O. V.; NANDAYAPA, Manuel; AZUELA) - 2021.
	Campo (s) de pesquisa	Computação e Sistemas
	Palavras-chaves	Artificial intelligence, industry 4.0, Iberoamerican countries, robotics, augmented and virtual reality, IoT, big data.
	Demandas abordadas	Adoção de tecnologias baseadas em Inteligência artificial nas indústrias ibero-americanas.
2	TÍTULO: 2, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	Tomada de decisão no processo de escolha e implantação das tecnologias da indústria 4.0 - (SILVA, J. F.; ROCHA, L. O.) - 2021.
	Campo (s) de pesquisa	Gestão e Produção
	Palavras-chaves	Indústria 4.0; 4ª Revolução industrial; Tomada de decisão; Fuzzy front end.
	Demandas abordadas	Processo de tomada de decisão ao escolher e implementar tecnologias constituintes da Indústria 4.0
3	TÍTULO: 3, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	Diagnostic assessment of product lifecycle management based on Industry 4.0 requirements - (SANTOS, P.; LOURES, E. R.) - 2022.
	Campo (s) de pesquisa	Gestão e Produção
	Palavras-chaves	Product Lifecycle Management, Industria 4.0. Maturity model. AHP.
	Demandas abordadas	Ciclo de vida de produtos na Indústria 4.0.
4	TÍTULO: 4, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	O Brasil e a nova onda de manufatura avançada: o que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos - (ARBIX, Glauco) - 2017.
	Campo (s) de pesquisa	Política industrial e Inovação
	Palavras-chaves	Manufatura avançada; indústria 4.0; inovação
	Demandas abordadas	Adoção da automação, e características relevantes para a sustentação da manufatura avançada.
5	TÍTULO: 5, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	Ciência da Informação e Indústria 4.0: Uma Aproximação Necessária - (FORESTI, Fabricio; VARVAKIS, Gregório) - 2019.
	Campo (s) de pesquisa	Ciência da Informação e Indústria 4.0
	Palavras-chaves	Indústria 4.0; Ciência da Informação; Epistemologia
	Demandas abordadas	Informação e tecnologias essenciais associadas a implementação da Indústria 4.0.
6	TÍTULO: 6, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica - (LIMA, F. R.; GOMES, R.) - 2020.
	Campo (s) de pesquisa	Inovação e Tecnologia
	Palavras-chaves	Análise bibliométrica; Indústria 4.0; Inovação; Manufatura avançada; Tecnologia.

	Demandas abordadas	Atual cenário internacional da industrial 4.0, e, a importância da ciência da computação e das engenharias, para seu desenvolvimento.
7	TÍTULO: 7, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	Indústria 4.0: u comparativo da indústria brasileira perante o mundo - (YAMADA, Viviane Y.; MARTINS, L. M.) - 2019.
	Campo (s) de pesquisa	Gestão, Inovação e Estratégia Empresarial
	Palavras-chaves	Indústria 4.0. Brasil. Smart factories
	Demandas abordadas	A indústria brasileira e a Indústria 4.0, avanços estruturais e tecnológicos necessários para se adaptar perante as mudanças.
8	TÍTULO: 8, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	Interoperable data extraction and information enrichment system to support smart manufacturing - (HELENA, S. T.) - 2022.
	Campo (s) de pesquisa	Informação e Representação do Conhecimento
	Palavras-chaves	Industry 4.0. Healthcare Product. Data Collecting.
	Demandas abordadas	Coleta de dado e análise da performance produtiva de fabricação de produtos.
9	TÍTULO: 9, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	Contribuição das tecnologias da indústria 4.0 para a sustentabilidade - (GERMANO, A. X. S.; MELL, B) - 2021
	Campo (s) de pesquisa	Gestão, Produção, Inovação e Sustentabilidade
	Palavras-chaves	Indústria 4.0, Sustentabilidade, Prisma, Quarta revolução industrial
	Demandas abordadas	Avanços na indústria 4.0, manufatura inteligente e sustentabilidade
10	TÍTULO: 10, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	Indústria 4.0: um novo paradigma para a indústria - (LIMA, Alison Gustavo de; PINTO, Giuliano Scombatti) - 2019.
	Campo (s) de pesquisa	Interface Tecnológica
	Palavras-chaves	Indústria 4.0. Smart Factory. Quarta Revolução Industrial
	Demandas abordadas	Demandas e exigências da implementação da Indústria 4.0, especificamente no Brasil.
11	TÍTULO: 11, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	Indústria 4.0: Uma caracterização do sistema de produção - (TROPIA, Célio E. Z.; SILVA, P.; DIAS, A.; V.) - 2017.
	Campo (s) de pesquisa	Gestão e Tecnologia
	Palavras-chaves	Indústria 4.0, Fábricas Inteligentes, Sistema de Produção
	Demandas abordadas	Características do sistema de produção e mudanças nas estruturas organizacionais que poderá se estabelecer na Indústria 4.0.
12	TÍTULO: 12, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	Big data analytics in Industry 4.0 ecosystems - (AUJLA, Gagangeet Singh; PRODAN, Radu; RAWAT, Danda B.) - 2021
	Campo (s) de pesquisa	Ciência da Computação, Big Data e Análise de Dados
	Palavras-chaves	Big data analytics, Industry 4.0
	Demandas abordadas	Gerenciamento e análise de big data para ecossistemas industriais 4.0.

13	TÍTULO: 13, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	Indústria 4.0: barreiras para implantação na indústria brasileira - (PACCHINI, T.; SANTOS, S.; LOGIUDICE, R.) - 2020.
	Campo (s) de pesquisa	Engenharia de Produção e Logística
	Palavras-chaves	Indústria 4.0. Cadeia de suprimentos. IoT
	Demandas abordadas	Principais barreiras para a implementação da Indústria 4.0 no Brasil.
14	TÍTULO: 14, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	Big Data Integration for Industry 4.0 - (OBRACZKA, Daniel; SAEEDI, Alieh; CHRISTEN, Victor; RAHM, Erhard) - 2020.
	Campo (s) de pesquisa	Análise de dados e Inteligência artificial
	Palavras-chaves	Industry 4.0 · Big Data · Data Integration · Knowledge Graph
	Demandas abordadas	Recuperação e representação do conhecimento e da informação em Big Data para integração de dados na industrial 4.0.
15	TÍTULO: 15, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	Big data for industry 4.0 - (GÖKALP, Mert Onuralp; KAYABAY, Kerem) - 2016.
	Campo (s) de pesquisa	Ciência Computacional e Inteligência Computacional
	Palavras-chaves	Industry 4.0; big data; machine learning; data mining
	Demandas abordadas	Desenvolvimento e a implantação da análise de Big Data no contexto da indústria 4.0.
16	TÍTULO: 16, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	Rumo à Indústria 4.0: uma análise SWOT para empresas situadas na Região Metropolitana de Sorocaba (FIRMINO, S.) - 2020.
	Campo (s) de pesquisa	Gestão e Produção
	Palavras-chaves	Sistemas Ciber-Físicos; Internet das coisas; Fábricas inteligentes; Big data; Processo de análise de decisão.
	Demandas abordadas	Aplicação prática da Indústria 4.0 e estratégias para estimular seu desenvolvimento tecnológico.
17	TÍTULO: 17, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	Indústria 4.0: desafios e oportunidades - (SANTOS, Beatrice Paiva) - 2018.
	Campo (s) de pesquisa	Produção e Desenvolvimento
	Palavras-chaves	Indústria 4.0, realidade aumentada, RFID, manufatura aditiva.
	Demandas abordadas	Desafios e oportunidades da Indústria 4.0, como as tecnologias da informação revolucionam os processos de produção.
18	TÍTULO: 18, Autor(es e/ou as) e Ano de publicação	The Impact of Maintenance 4.0 and Big Data Analytics within Strategic Asset Management - (KANS, M., GALAR, D.) - 2017.
	Campo (s) de pesquisa	Gestão e Análise de Big Data
	Palavras-chaves	Maintenance 4.0, big data, cyber-physical systems, cloud computing, strategic asset management.
	Demandas abordadas	Impacto das tecnologias usadas na indústria 4.0 na área de gestão estratégica, com especial ênfase na análise de dados.

7 INFERÊNCIAS, DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Este presente trabalho de pesquisa, essencialmente, objetivou investigar, identificar e descrever a importância dos dados dentro do contexto da Indústria 4.0, mais especificamente buscou inferir a importância da análise de dados para as decisões de produção. Para isso, como ponto de partida selecionou um corpus documental de referencial teórico básico composto por 18 artigos, selecionados por mais se adequarem a proposta da pesquisa. Assim, com a leitura analítica de cada artigo selecionado foi possível identificar os aspectos principais formadores do cerne da indústria 4,0 seus conceitos, tecnologias e princípios de design. E, a partir disso, foi possível ampliar a pesquisa visando aprofundar os conceitos de cada uma destas tecnologias e paradigmas, levando a um entendimento geral dessa nova indústria, e sobretudo ao entendimento da importância fundamental do Big Data Analytics, ou seja, a importância dos dados e da análise de dados nesse novo contexto de produção e gestão industrial.

Neste contexto, um primeiro aspecto importante a se destacar é o evidente esforço acadêmico para a construção e divulgação dos conhecimentos formadores da indústria 4.0, sendo que este esforço se dá de modo generalizado com publicações científicas internacionais e nacionais, o que evidencia a importância e relevância crescente do tema estudado. Nesse sentido foi possível constatar que, cada vez mais, este é um ponto crítico para empresas de todo mundo. Mesmo porque, em um mundo super globalizado, as empresas de variados seguimentos tem, obrigatoriamente, a necessidade de se adequarem às novas técnicas e tecnologia e aos novos modelos de gestão e de produção industrial, isso, para poder competir de forma mais igualitária e, assim, oferecer melhores produtos e serviços aos seus clientes.

Nesse sentido, é válido apontar que a implementação desses novos padrões e tecnologias traz consigo enormes desafios pois, de modo geral, são muito custosos e complexos. Assim, de acordo com Santos *et al.* (2018), “as empresas devem avaliar suas capacidades e adaptar suas estratégias de forma a implementá-la nos cenários apropriados. Sendo que, a falta de uma compreensão clara sobre o tema dificulta o percurso de transição das empresas”.

Desta forma, observa-se que por conta dos custos e da alta complexidade envolta nos processos de implementação de tecnologias e padrões da indústria 4.0, a transição factual para esta nova indústria, de modo geral (sobretudo nos países em desenvolvimento) não

estão ligadas às medidas de padronização de protocolos, automação e/ou robotização. Mas sim, tem sido quase que exclusivamente pautada no uso massivo de tecnologias associadas aos dados e informação (mais especificamente no Big Data Analytics e nas tecnologias de Cloud Computing). E de acordo com Foresti *et al.* (2019) que cita um documento publicado pelo Governo Federal em 2016, estudos mostram que “95% das iniciativas ligadas à Indústria 4.0 estão relacionadas à gestão da informação e do conhecimento”. Ou seja, as empresas nacionais têm direcionado seus esforços para o fenômeno do Big Data e à análise do grande volume de dados armazenados nos bancos de dados destas. O que mostra de modo claro e objetivo, a importância dos dados e da informação no desenvolvimento global da Indústria 4.0.

Neste contexto, a revista periódica especializada em negócios Forbes (2020) vinculou uma importante e abrangente pesquisa sobre a importância dos dados nos processos de empresas em um nível global onde, entre outras, afirma que cerca de “94% das empresas (incluindo empresas Brasileiras) entendem que dados e análises são importantes para gestão de seus negócios. [...] e 65% das empresas planejam aumentar seus gastos com análises”.

Nesse mesmo contexto um estudo foi feito com o objetivo primevo de mapear empresas brasileiras, objetivando descrever de modo abrangente os níveis de capacidades analíticas hoje presentes nas operações de dadas empresas. Este estudo foi coordenado por Werneck (2019) docente da PUC Minas, em conjunto com a FDC (Fundação Dom Cabral) e a UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais). Neste estudo foi constatado que “mesmo com grandes investimentos em sistemas de informação, as empresas ainda estão lutando para alcançar níveis de excelência e vantagens competitivas nos mercados em que atuam”.

Infere-se que o melhor potencial competitivo só pode ser alcançado com a gestão mais eficiente dos dados, que segundo Werneck (2019) são “valiosos e não substituíveis”, ou seja, disto é possível concluir que com o aumento gradual das capacidades analíticas das empresas nacionais, e, por conseguinte, o aumento do conhecimento filtrado em big data, as empresas possam chegar à tomada de decisão de gestão de recursos e de produção, mais assertiva.

Essa importância dos dados é crescente, e tende a acelerar nos próximos anos, pois de acordo com publicação do Fórum Econômico Mundial (2019) a quantidade de dados em um nível global, gerados e armazenados a cada dia deve chegar a 463 exabytes. Neste sentido, conforme afirma Statista (2022) estudos estatísticos preveem que o montante de

dados gerados, armazenados e consumidos deverá chegar a cerca de 181 zettabytes de dados até 2025. Nesse cenário de multiplicação dos dados, conforme Marr (2016), os volumes de dados produzidos e disponibilizados estão em uma curva de forte elevação, sendo que foram gerados mais dados nos últimos anos do que em toda a história da humanidade.

Logo, fica evidente que neste contexto de extraordinários aglomerados de dados estes, obrigatoriamente, precisam ser constantemente extraídos, analisados e transformados em informação e conhecimento relevante, acessível e facilmente acionável para que, finalmente, possam gerar valor às empresas e organizações. Que como afirma Marr (2016) podem fazer uso da análise de dados de clientes, incluindo históricos de transações e informações pessoais e específicas, para determinar quais produtos efetivamente seriam mais úteis.

A ciência de dados, essencialmente, concentra seus esforços na extração, análise, visualização e comunicação dos dados e informação. Objetivando concentrar o máximo de conhecimentos e insights gerando uma base informacional forte e abrangente para fundamentar em dados o processo de tomada de decisão em vários níveis e setores da indústria e de serviços. E, um desses setores (no contexto da indústria 4.0), que é fortemente influenciado e/ou orientado por dados são aqueles ligados as decisões de produção em nível operacional.

É de conhecimento que existe alguns passos fundamentais a serem seguidos para otimizar qualquer processo de tomada de decisão, seja ela uma decisão de produção ou não. E esses passos são principiados com a definição ou identificação do problema delineando desafios e oportunidades, na sequência faz-se um levantamento das possíveis soluções, em um terceiro passo é possível avaliar todas as alternativas acessíveis, em seguida faz-se a seleção de uma ou mais das soluções viáveis propostas, em seguida procede-se com a implementação da opção escolhida e, como último passo, faz-se a avaliação e acompanhamento do impacto da decisão.

Evidentemente, todas as fases ou passos do processo de tomada de decisão podem e, no contexto da indústria 4.0, são fortemente apoiados e orientados por dados.

Tabela 3: Possibilidades informacionais advindas da análise de dados.

Exemplo de informações advindas da análise de dados que podem ser utilizadas como apoio à tomada de decisão de produção

Níveis	Informações
Em um Nível Operacional e de Produção	<p>A análise de dados fornece informações de produção e demanda de produtos ajudando melhorar a utilização de máquinas e por conseguinte, a melhorar as operações da fábrica. Posto que, possibilita a alocação proativa de recursos de máquinas e de pré-compra de matérias-primas para suprir demandas.</p> <p>Disponibiliza informações sobre potenciais falhas de equipamentos, problemas em produtos ou detectando anomalias em unidades de produção automatizadas, o que pode auxiliar na programação de manutenção de máquinas e, desta forma pode melhorar a qualidade da produção e de um produto.</p> <p>Produz informações relacionadas ao inventário de empresas, auxiliando a análise de estoque. podendo analisar, avaliar e responder proativamente ao feedback do cliente e antecipar planejamento de demandas futuras.</p> <p>Produz informação que revelará quais etapas de produção de um dado produto levam ao aumento do tempo de produção e quais áreas estão causando atrasos.</p> <p>Classifica os principais atributos do passado e produtos atuais e, em seguida, modela possíveis relações entre dados atributos, construindo modelos preditivos para a produção de novos produtos.</p>
Em um Nível Geral	<ul style="list-style-type: none"> • Fornece um panorama mais claro da experiência cliente/produto que pode ser usado para ajustar variadas operações e design de produtos; • Disponibiliza dados que torna o rastreamento de produtos mais inteligente, e garante um conhecimento em tempo real; • Fornece dados que identificam segmentação e classificação de clientes e relacionam a determinado produto; • Gera dados que podem ajudar a reduzir a proporção de mercadorias defeituosas, identificando o defeito e a causa raiz; • Produz informações que podem reduzir os custos para atender às demandas dinâmicas, estabelecendo níveis de estoque de segurança; • Fornece análise de geração de demanda e detecção e modelagem de demanda, análise de novos produtos e design de produto; • Possibilita insights que permite a atualização de produtos existentes e a criação de novos. Ajudando a identificar o produto que se encaixa ou não em sua base de clientes, via de rastreamento de avaliações de produtos.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Portanto, as possibilidades informacionais advindas da análise de dados de big data são inesgotáveis e no contexto dessa nova indústria que gradualmente é implementada em um nível global, é, cada vez mais, um fator essencial que, possivelmente, determinará o sucesso ou não de uma empresa ou organização frente aos seus concorrentes. E neste contexto, profissionais de variados campos do conhecimento se juntam em equipes de base multidisciplinar para compor o núcleo de cientistas de dados responsáveis por encontrar nos

dados as possíveis soluções, para diversos problemas relacionados a gestão, produção e geração de valor.

Posto isso, infere-se que é importante, ou mesmo essencial, que o profissional engenheiro de produção possa aprofundar-se no conhecimento das tecnologias de Big Data, *Big Data Analytics* e *Cloud Computing*, para que venha a compor e/ou atuar de modo decidido na tomada de decisões de base analítica de uma empresa. Mesmo porque, estas referidas tecnologias, como evidenciado, são as principais formadoras dessa nova indústria.

Logo, espera-se que referido profissional possa dispor de habilidades e/ou conhecimentos essenciais de análise e ciência de dados. E, de modo sucinto, dentre as principais habilidades e conhecimentos básicos esperados em profissionais envolvidos em análise de dados destacam-se, entre outros: o conhecimento em gestão de dados estruturados e não estruturados; proficiência em solução de problemas; aplicação de álgebra linear e modelagem estatística; gestão de projetos; mineração e visualização de dados; conhecimento em linguagens de programação de análise de dados como o Python e SQL, e conhecimentos de algoritmos de criação de modelos de aprendizado de máquina, como regressão linear e logística, árvores de decisão e florestas aleatórias, análise de componente principal, tensores e transformadores.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sociedade e as organizações, como apresentando, estão inseridos em um contexto de super produção de dados e informação, vive-se atualmente a denominada “Era dos Dados”. Neste contexto, surge o conceito de indústria 4.0 que essencialmente é sustentada por dados. E, com essa referida alta de geração, coleta e armazenamos de dados surgem os Big Datas e a análise de dados faz-se uma ferramenta imprescindível para a inovação, competição e produtividade do setor industrial.

Nesse cenário, onde invariavelmente as empresas têm em seu poder uma grande e heterogênea quantidade de dados brutos, que quando combinados com ferramentas modernas de análise e profissionais altamente especializados, pode-se obter informações e conhecimento para melhorar o desempenho operacional e otimizar a tomada de decisão de gestão e produção. A análise de dados possibilita que as decisões de produção e gestão de produção não sejam tomadas de modo instintivo sem base lógica, mas sim estas passem a

ser baseadas em evidências e previsões precisas e em tempo real, gerando valor e criando novas oportunidades de mercado.

E, neste contexto de renovação tecnológica e informacional de sistemas e modelos de produção, o profissional engenheiro de produção tem um papel de destaque a desempenhar, contribuindo de modo efetivo e decisivo para a evolução tecnológica da indústria nacional.

9 REFERÊNCIAS

ARBIX, Glauco et al. O Brasil e a nova onda de manufatura avançada: o que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos. *Novos estudos CEBRAP*, v. 36, p. 29-49, 2017.

AHMAD, I.; BAKHT, H. MOHAN, U.; Cloud Computing – A Comprehensive Definition; *Cloud Computing – A Comprehensive Definition*; p. 1-9, 2017.

AUJLA, Gagangeet Singh; **PRODAN**, Radu; **RAWAT**, Danda B.; Big data analytics in Industry 4.0 ecosystems; p. 1-3, 2021.

BALUSAMY, Balamurugan *et al*; *Big Data: Concepts, Technology, and Architecture*; 1. Ed; John Wiley & Sons, Inc. 2021.

BARCHILON, Ney; **ESCOVEDO**, Tatiana; **KALINOWSKI**, Marcos; *Machine Learning Aplicado ao Resultado de Pedido de Concessão de Benefícios do INSS – Análise Ampliada*; p. 1-29, 2022.

CALDAS, Max Silva; **SILVA**, Emanuel Costa Claudino; *Fundamentos e aplicação do Big Data: como tratar informações em uma sociedade de yottabytes*; p.1-19, 2016.

CAMARGO, Edemilson Bueno de; *Indústria 4.0 na Prática a Partir da Integração da Tecnologia de Informação e Tecnologia de Automação: Um Estudo de Caso de Monitoramento dos Ativos de Automação em Uma Fábrica de Celulose dos Campos Gerais (PR)*; p 8-22, Ponta Grossa, 2020.

CHAMBERS, Bill; **ZAHARIA**, Matei; *Spark: The Definitive Guide Big Data Processing Made Simple*; p.12-15, 2018.

DALFOVO, Michael Samir; **LANA**, Rogério Adilson; **SILVEIRA**, Amélia. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. *Revista Interdisciplinar Científica Aplicada*, Blumenau, v.2, n.4, p.01- 13, Sem II. 2008.

FÁVERO, Luiz Paulo; et al; *Manual de análise de dados*; 1. ed., Rio de Janeiro; Elsevier, 2017.

FIRMINO, A. S.; PERLES, G. X.; MENDES, J. V.; SILVA, J. E. A. R.; SILVA, D. A. L.; Rumo à Indústria 4.0: uma análise SWOT para empresas situadas na Região Metropolitana de Sorocaba (SP, Brasil); *Gestão & Produção*, p. 1-21, 2020.

FLEXSIMBRASIL, *Simulação na Indústria 4.0*; p. 1-8, 2015.

FORBES; *The Global State Of Enterprise Analytics, 2020*; Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2019/10/21/the-global-state-of-enterprise-analytics-2020/?sh=3d0c66b5562d>>; Acessado em: 01/10/2022.

FORESTI, Fabricio; **VARVAKIS**, Gregório; **VIANNA**, William Barbosa; *Ciência da Informação e Indústria 4.0: Uma Aproximação Necessária*; v. 15, n.4, p.1-17, 2019.

FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL; *Quantos dados são gerados a cada dia?*; Disponível

em:<https://www.weforum.org/agenda/2019/04/how-much-data-is-generated-each-day-cf4bddf29f/>; Acessado em 01/10/2022.

FREITAS, Matheus Menna Barreto Cardoso de.; **LOGÍSTICA 4.0: Conceitos e aplicabilidade: uma pesquisa-ação em uma empresa de tecnologia para o mercado automobilístico**; p. 237-261, PAIC 2015-2016.

GALDINO, Natanael; **Big Data: Ferramentas e Aplicabilidade**; p.1-12, 2016.

GÉLIO, Lucas Gomes; **CÉSAR**, Francisco Ignácio Giocondo; **Utilização da Realidade Aumentada na Manutenção**; p. 2-19, 2022.

GERMANO, Aline Xavier dos Santos; **MELL**, José André Villas Boas; **MOTTA**, Wladimir Henriques; **Contribuição das tecnologias da indústria 4.0 para a sustentabilidade: uma revisão sistemática**; vol. 11, n° 1, p. 1-15, 2021.

GIL, Antônio Carlos et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GÖKALP, Mert Onuralp; **KAYABAY**, Kerem; **AKYOL**, Mehmet Ali; **EREN**, P. Erhan; **KOÇYIGIT**, Altan; **big data for industry 4.0: a conceptual framework**; p. 1-5, 2016.

GRANDE, Maison Luiz; **Indústria 4.0: Características e desafios de implantação nas empresas brasileiras**; p. 1-10, dez., 2019.

GUEDES, David et al. **Computação em Nuvem: Desafios, Tecnologias e Panorama do Mercado**, p. 1-17, 2014.

HADI, Hiba Jasim; **big data and five v's characteristics**; p. 1-9, 2015.

HELENA, Sofia Tonon et al. **Interoperable data extraction and information enrichment system to support smart manufacturing: an experimental application on CNC machining lines of a healthcare product**. *Production*, v. 32, 2022.

IBM; **Big data analytics**; Disponível em: <<https://www.ibm.com/analytics/big-data-analytics>>; Acessado em: 14/09/2022.

KANS, Mirka., **GALAR**, Diego; **The Impact of Maintenance 4.0 and Big Data Analytics within Strategic Asset Management**; p. 96-103, 2017.

KHALID, Haqi; et al; **Cybersecurity in Industry 4.0 context: background, issues, and future directions**; 1-47, 2021.

KIOURTZOGLU, Byron; **O que é Big Data – Da Teoria à Implementação**; p. 1-7, 2013.

LIMA, Alison Gustavo de; **PINTO**, Giuliano Scombatti. **Indústria 4.0: um novo paradigma para a indústria**. *Revista Interface Tecnológica*, v. 16, n. 2, p. 299-311, 2019.

LIMA, Faíque Ribeiro; **GOMES**, Rogério; **Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica**; editora. *Revista Brasileira de Inovação*; p. 1-30, 2020.

MARR, Bernard; **Big data : using smart big data, analytics and metrics to make better decisions and improve performance**; p. 2; 2016.

MAURO, Andrea De; **Data Analytics Made Easy, Use machine learning and data storytelling in your work without writing any code**; p. 2-8, 2021.

MEDEIROS, Marcos Fernando Machado De; **Big Data e Analytics nas Organizações: Levantamento Bibliométrico e a Identificação de Linhas de Pesquisa Emergentes**; p. 1-18, 2020.

MORANDI, Maria Isabel W. Motta; **CAMARGO**, Luis F. Riehs. **Revisão sistemática da literatura**. In: **DRESCH**, Aline; **LACERDA**, Daniel P.; **ANTUNES JR**, José A. Valle. **Design science research: método e pesquisa para avanço da ciência e da tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

NISHIZIMA, Juliano; **ALMEIDA**, L. L.; **PEREIRA**, Danillo R.; **SILVA**, Francisco A.; **CABRAL**, Flavio Pandur Albuquerque; Robô Autônomo Móvel Seguidor de Símbolo; v. 8, n.1, p.48–55, 2016.

OBRACZKA, Daniel; **SAEEDI**, Alieh; **CHRISTEN**, Victor; **RAHM**, Erhard; Big Data Integration for Industry 4.0.; p. 1-22, 2020.

OIAN, C. A.; Os Benefícios da Indústria 4.0 no Supply Chain Management; p. 1-15, outubro, 2018.

PACCHINI, A. P. T.; **SANTOS**, J. C. da S.; **LOGIUDICE**, R.; **LUCATO**, W. C.; Indústria 4.0: barreiras para implantação na indústria brasileira; p. 278-292, 2020.

PADMAVATHY, T.; **MURALIDHARAN**, C; **SIRAJUDEEN**, Y. Mohamed; Cloud-based industrial IoT infrastructure to facilitate efficient data analytics; p. 33-37, 2022.

PARTHASARATHY, Rajamohan, et al.; An Industry 4.0 Vision With An Artificial Intelligence Techniques And Methods; p. 1-10, 2022.

KARMAKAR, Avish; **DEY**, Naiwrita; **BARAL**, Tapadyuti; **CHOWDHURY**, Manojee; Industrial Internet of Things: A Review; p. 1-7, 2019.

RAUTENBERG, Sandro; Carmo, **PAULO** Ricardo Viviurka do; big data e ciência de dados: complementariedade conceitual no processo de tomada de decisão; p.1-12, 2019.

RENJEN, Punit et al; Data science applications for predictive maintenance and materials science in context to Industry 4.0; 2018.

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

SANTOS, K. C. P.; **LOURES**, E. F. R.; **CANCIGLIERI** Junior, O.; **MICOSKY**, A. L. (2022). Diagnostic assessment of product lifecycle management based on industry 4.0 requirements. *Production*, 32, e20210082. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20210082>, p. 1-16, 2021.

SCHWAB, Klaus; A quarta revolução industrial; São Paulo - Edipro, 2016.

SHAGAN, Sah; Machine Learning: A Review of Learning Types; p. 1-8, 2020.

SIEWERT, Sam B.; Big data in the cloud Data velocity, volume, variety, veracity; p. 1-14, 2013.

SILVA, Danilo da.; Indústria 4.0: Conceitos, tendências e desafios; pag. 10. 2017.

SILVA, J. F.; **SILVA**, F. L.; **SILVA**, D. O.; **ROCHA**, L. A. O.; Tomada de decisão no processo de escolha e implantação das tecnologias da indústria 4.0; *Gestão & Produção*, p. 1-21, 2022.

SANTOS, Beatrice Paiva et al. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. *Revista Produção e Desenvolvimento*, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018.

SUCHARITHA, G.; **SHIVACHARYA**, Ujjwal; **POTLURI**, Sirisha; Custom manufacturing using Industry 4.0: cost-effective industry revolution mode; p. 17-29, 2021.

TASSEL, Loic ; Why strive for Industry 4.0; World Economic Forum; Jan 2019; Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2019/01/why-companies-should-strive-for-industry-4-0/>; Acesso em: 15/02/2022.

TAURION, Cezar. Big data. Rio de Janeiro: Brasport, 2013.

TROPIA, Célio E. Z.; **SILVA**, Pedro P.; **DIAS**, Ana V. C.. Indústria 4.0: Uma caracterização do sistema de produção. In: XVII Congresso Latino-Iberoamericano de Gestão Tecnológica. ALTEC. 2017.

WERNECK, Marcelo; **BRONZO**, Marcelo M.; **OLIVEIRA**, Paulo V. de; **SOUSA**, Paulo Renato de; As capacidades analíticas e seu papel na geração de vantagens competitivas sustentáveis; p. 1-10, 2019.

VERMULM, Roberto; e **IEDI**; políticas para o desenvolvimento da indústria 4.0 no brasil, 2018.

VILLEGAS, Osslán Osiris Vergara; **NANDAYAPA**, Manuel; **AZUELA**, Juan Humberto Sossa; **FRANCO**, Edgar Gonzalo Cossio; **LINARES**, Gustavo Trinidad Rubin; Artificial Intelligence for Industry 4.0 in Iberoamerica; Computación y Sistemas, Vol. 25, p. 761–773, 2021.

XU, Min; The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges; p. 90-95; 2018.~

YAMADA, Viviane Y.; **MARTINS**, Luís M. Indústria 4.0: u comparativo da indústria brasileira perante o mundo. Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa, v. 34, n. esp., p. 95-109, 2019.