

INDUSTRIA 4.0 NO MONITORAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO: UM ESTUDO POR MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

Franklin da Silva Nonato¹

André Luiz de Castro Leal ¹

Márcio Zamboti Fortes²

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Seropédica – RJ, Brasil.

² Universidade Federal Fluminense – UFF, Niterói – RJ, Brasil.

Resumo:

Na atualidade, em 2020, as empresas geram muitos dados no seu dia a dia, durante suas operações, e ter conhecimento para levantar e processar estes dados, para transformá-los em informações e conhecimento, é uma vantagem fundamental para o sucesso. Desta forma, foi observado pelos autores a necessidade de se realizar um estudo sistematizado de como estes assuntos estão sendo abordados por pesquisadores para que se possa construir um arcabouço teórico que sustente ações e responda: como estruturar um novo departamento de controle e gestão de ativos físicos em uma indústria 4.0 de grande porte?. Como hipótese inicial, o estudo terá escopo nas pesquisas sobre a quarta revolução industrial (4.0), monitoramento, controle, indicadores de desempenho e gestão de ativos. Neste estudo realizou-se um mapeamento sistemático, nos motores de buscas conceituados ScienceDirect, ACM e IEEE Explore, sobre assuntos correlatos para buscar lacunas e informações sobre o assunto de gestão e controle de ativos na indústria 4.0. Foram usados o método de análise quantitativa de estudos e mapeamentos sistematizados utilizado por autores referenciados e conseguiu-se levantar informações importantes de artigos escritos de 1990 até os dias atuais.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Monitoramento e Controle, Gestão, Produção.

Abstract:

Actually, companies generate a lot of data in their daily operations know to collect and process this data, to turn it into information and knowledge, which is a key advantage for success. Thus, the authors noted the need to conduct a systematic study of how these issues are being addressed by researchers so that a theoretical framework can be built to support actions on how to structure a new department of control and management of physical assets in a large 4.0 industry? As an initial hypothesis, the study will have the scope in research on the fourth industrial revolution (4.0), monitoring, control, performance indicators, and asset management. This study systematically mapped subject-matter search engines ScienceDirect, ACM, and IEEE Explore to search for gaps and information on the subject of asset management and control in industry 4.0. Methods of quantitative analysis of studies and systematized mappings used by referenced authors were used and were able to gather important information from written articles from 1990 to the present day.

Keywords: Industry 4.0, Monitoring and Control, Management, Production.

1. INTRODUÇÃO

A indústria de manufatura passou por três revoluções no período de 1750 a 2000, evoluindo da motorização na produção até a era da automatização e foi a partir da década de 2000 que ela rompeu mais uma etapa e está atualmente na quarta revolução industrial, o que a literatura tem conceituado como Indústria 4.0, e neste mesmo período a administração da produção passou por seis (Santos et al, 2019). Peinado (2007), descreve esses períodos como: primeiro período – rompido pela 1ª Revolução industrial; segundo período – rompido por grandes incentivos às pesquisas por tentativas, erros e acertos; terceiro período – iniciado pelo amadurecimento da ciência da administração; quarto período – as empresas começam a utilizar ferramentas estatísticas e cada vez mais sofisticadas na gestão; quinto período – iniciado pela evolução da qualidade e excelência organizacional; e sexto período – rompido pela iniciação da abordagem das cadeias de suprimentos.

Desta forma, fica claro que a maneira de gerenciar e administrar a produção precisa de melhorar seu controle sobre a produção e sobre as pessoas que trabalham nas linhas, identificando as lacunas do processo, como falta de conhecimento adequado, proporcionando oportunidade de ganhos para as empresas que se estruturarem melhor (Zhang et al, 2018).

Para os autores Lee, Kao e Yang (2014), o uso de uma grande quantidade de equipamentos automatizados e a aplicação da “internet das coisas” (IoT - *Internet of Things*) na área industrial é uma das características das empresas que atuam no conceito 4.0. Entretanto, para manipular a grande quantidade de dados gerados, se faz necessário mais investimentos em grandes bancos de dados, agora chamados *Big Data*, e softwares para gerenciar estas informações denominados como *Analytics*.

Há atualmente uma considerável quantidade de empresas que dizem estar trabalhando com a realidade de indústrias 4.0 e tratando uma grande quantidade de dados e não, necessariamente, só as grandes indústrias. O grupo Tecnofita conseguiu um aumento de produtividade expressivo com a utilização de sistemas de monitoramento e controle em tempo real, utilizando IoT e *Analytics*, com baixo custo, sendo um caso de sucesso dos ganhos com os recursos da 4ª revolução industrial (Santos, 2017).

Toda empresa gera muitos dados no seu dia a dia e saber trabalhar estes dados é uma vantagem fundamental para o sucesso (Zhang et al, 2018). Desta forma, foi observado pelos

autores a necessidade de se realizar um estudo sistematizado de como estes assuntos estão sendo abordados por pesquisadores para que se possa construir um arcabouço teórico que sustente ações sobre: como estruturar um novo departamento de controle e gestão de ativos físicos em uma indústria 4.0 de grande porte? Como hipótese inicial, o estudo terá escopo nas pesquisas sobre a quarta revolução industrial (4.0), monitoramento, controle, indicadores de desempenho e gestão de ativos.

O objetivo do presente estudo é realizar um mapeamento sistemático para avaliar como está sendo estudado o assunto de transformação digital, gestão e controle no contexto de Indústria 4.0. O mapeamento sistemático da literatura identifica lacunas e oportunidades do que já foi estudado em um determinado período (Kitchenham e Brereton, 2012). O estudo fará um levantamento de todas as pesquisas realizadas sobre controle e gerenciamento na indústria no contexto da quarta revolução industrial, limitando o período pesquisado em anos superiores a 1990. Utilizando os motores de buscas IEEE Explore, ACM e Science Direct, o estudo procura evidenciar como as indústrias, principalmente no ramo siderúrgico, se estruturam para monitorar, controlar e tratar as informações mais críticas para o sucesso do negócio com uso das ferramentas provenientes da transformação digital da Indústria 4.0.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Indústria 4.0

No período histórico de 1750 a 2000 a sociedade passou por três revoluções industriais (Friedl, 2018). A figura 1 é uma ilustração descritiva desse período histórico.

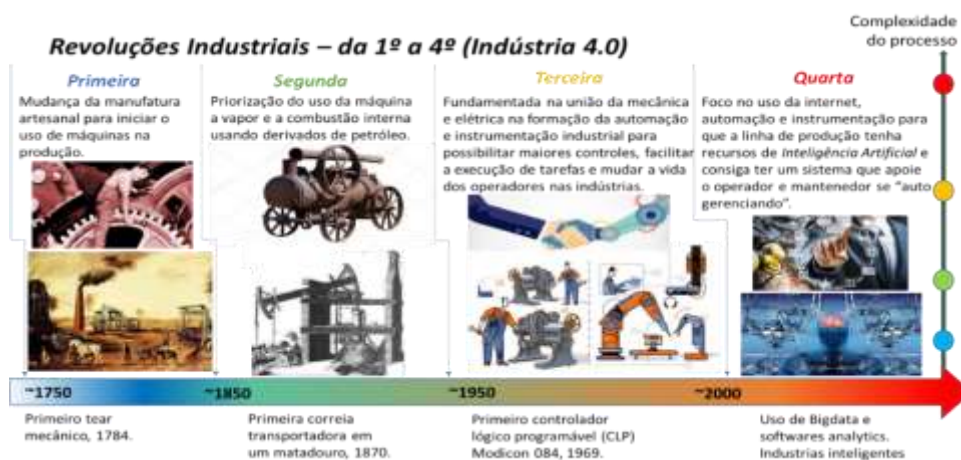


Figura 1. Da indústria 1.0 para a indústria 4.0. Fonte: Autor, adaptado de Friedl, 2018.

A partir de do final da década de 1990 para o início da década de 2000 é iniciado a quarta revolução industrial. A indústria tem uma aceleração na implantação do sensoriamento das máquinas, avanços da automação e instrumentação, utilização da internet, o que fez com que as linhas de produção industrial atingisse outro patamar e a produção começasse a ser produzida com maior performance, tornando uma fábrica inteligente com a aplicação de tecnologias inteligentes de processamento de informações, sistemas de comunicação, técnicas orientadas para o futuro (Yan et al, 2017; Friedl, 2018; Santos et al, 2019).

J.A. Schumpeter introduziu o conceito de inovação na literatura econômica em 1912, na época isso foi tratado como um fator no desenvolvimento econômico, e sua inclusão é considerada um clássico (Witkowski, 2017), mas no âmbito da Indústria 4.0 a inovação tecnológica e a transformação digital se transformaram em rotina cotidiana. A utilização na indústria de sistemas cibernéticos (cyber-físicos) possibilita a integração de processos computacionais com físicos, de forma que os computadores em rede monitoram e controlam os processos físicos, mas recebendo informações dos processos físicos que afetam os dados, criando um loop de *feedback* sistêmico (Witkowski, 2017; Elmoaqet et al, 2018).

Os recursos tecnológicos das linhas de produção na Indústria 4.0 são fundamentais para essa nova revolução. A conectividade é um recurso crítico nesta era, evidenciando aqui o conceito de IoT, tendo a função de conectar sistemas computacionais diversos através da internet, e assim pavimentando o caminho para as fábricas de produção inteligentes e a transformação digital (Elmoaqet et al, 2018). Com todo esse loop de *feedback* entre os sistemas é gerado uma quantidade muito grande de informações e faz necessário ter computadores mais sofisticados para conseguir processar todos esses dados, que são os chamados *Big Data*. A IoT trabalhando com a capacidade de *Big Data*, especialmente para a área de fabricação, tem um futuro promissor (Illa et al, 2018).

2.2 Gestão e Controle Industrial

Os assuntos relacionados a categorização da administração da produção em períodos e o aparecimento da Indústria 4.0 são temas relativamente recente nas literaturas de administração. As revoluções industriais estão sendo estudadas a mais tempo e as revoluções da administração também estiveram presentes desde o mesmo período, mesmo que ela tenha tido mais enfoque após a década de 80, com os avanços nas linhas de produção japonesas (Santos et al, 2019).

As abordagens sobre gestão e controle industrial, tais como descritos por Porter (2004), de como organizar informações com técnicas analíticas são ferramentas críticas para elaboração correta dos quadros de indicadores da empresa. Norton e Kaplan (2000) indicam o uso de *Balanced Score Card* (BSC) como ferramentas fundamentais para sucesso em sistemas e processos gerenciais podendo ser acrescentado que dentre os processos gerenciais. Saber como está a ‘saúde’ dos equipamentos da linha de produção é uma informação muito importante a ser considerada, logo as informações oriundas do setor de manutenção podem ser elementos chaves na estratégia, mas o problema é como tratar estas informações, principalmente nas indústrias pesadas, devida a grande quantidade de dados.

Com o avanço tecnológico que vivemos na década de 2010, a forma de manusear e gerar estes dados foi facilitada. Esse avanço tecnológico trouxe as empresas a uma quarta revolução industrial e como estão sendo absorvido pela administração da produção (Santos et al, 2019). Os recursos que são usados no final desta década de 2010 estão criando um acesso a dados de forma prática e sua divulgação muito rápido. De forma que IoT e *Big Data* estão hoje sendo motores da indústria 4.0 e as empresas atuando com estas ferramentas e tendo bons resultados (Witkowski, 2017).

2.3 Mapeamento Sistemático

Mapeamento Sistemático é um mecanismo de revisão bibliográfica que produz como resultado a visão geral de um tópico de pesquisa (Carvalho et al, 2017). As informações sobre um tópico específico vêm da agregação de todos os estudos empíricos que já foram feitos sobre o assunto. Esta metodologia procura sempre ser mais imparcial possível, auditável e repetível (Kitchenham, 2010).

Kitchenham descreve os artigos de revisão sistemática como estudos secundários e os estudos que analisam são referidos como estudos primários, descrevendo o mapeamento sistemático têm como objetivo encontrar e classificar os estudos primários em uma área temática específica. Nesse tipo de revisão, é possível classificar os estudos selecionados e identificar evidências para trabalhos futuros (Carvalho et al, 2017). Através deste método é possível categorizar estudos primários sobre um tema fornecendo resultados sobre o estado da arte para o assunto. Desta forma, identificando lacunas para trabalhos futuros e fornecendo baseamento para desenvolvimento do tema em questão (Araujo, 2016).

3. MÉTODO DE PESQUISA

Carvalho et. al. (2017) propõe executar o mapeamento sistemático de acordo com um processo detalhado na figura 2. Este processo contém três etapas: Planejamento, Execução e Sumarização. Na etapa de planejamento, o protocolo de pesquisa é criado. Este protocolo contém as perguntas de pesquisa, cadeias de pesquisa, mecanismos de origem e critérios de seleção (inclusão e exclusão). Os critérios são aplicados nos filtros para selecionar apenas resultados relevantes. Esses filtros, descritos na próxima subseção, são executados após a obtenção dos estudos primários dos mecanismos de pesquisa. Por fim, a extração de dados é realizada com os estudos selecionados, resumindo os resultados da revisão.

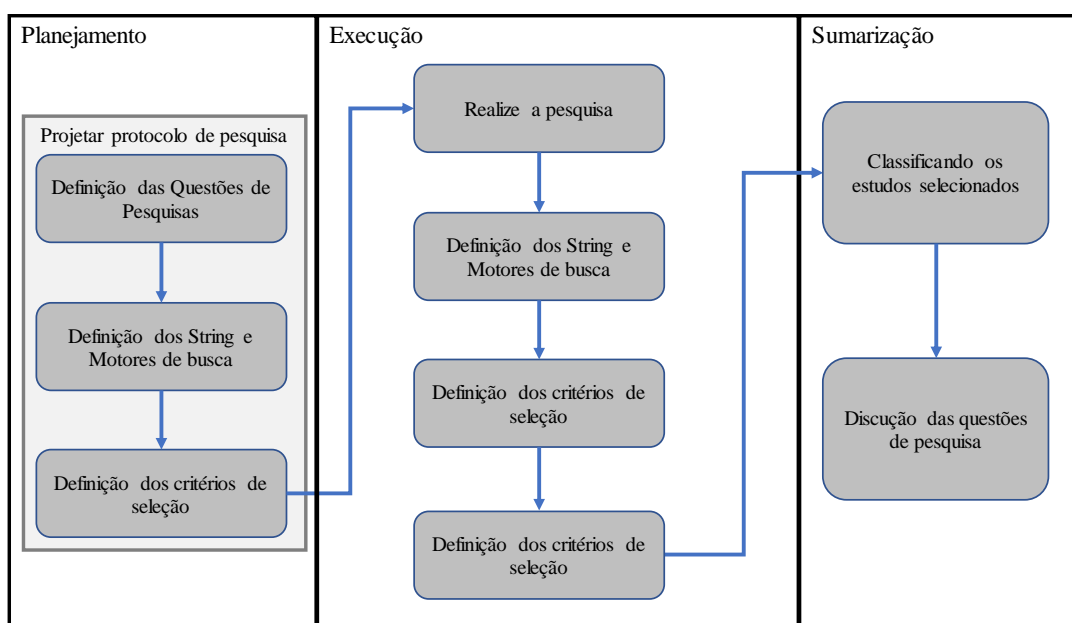


Figura 2. Processo de mapeamento sistemático. Fonte: Carvalho et al, 2017.

Kitchenham et al. (2010) orienta que as principais etapas do estudo de mapeamento sistemático a serem seguidas são a definição de questões de pesquisa, a busca de artigos relevantes, a triagem de artigos, a formulação de resumos e a extração e mapeamento de dados, salientando que cada etapa do processo tem um resultado individual e o resultado final é o mapeamento sistemático.

Sendo o processo de ambos os autores muito similar, o método adotado foi uma mescla do indicado pelos dois autores, sendo esquematizado como descrito.

- . *Research Question*: iniciar o processo com as delimitações e definições da pesquisa.
- . *Search String*: especificar as equações lógicas da pesquisa.
- . *Sources*: selecionar os motores de busca para realização da pesquisa.
- . *Algorithms*: elaborar um algoritmo para cada motor de busca selecionado, pois este será em função das ferramentas de configuração de cada site e os parâmetros de pesquisa estabelecido.
- . *Execute Search String*: realizar o levantamento dos artigos em função dos algoritmos estabelecidos e avaliar os resultados.
- . *Inclusion & Exclusion Criterias*: especificar os critérios que validarão a permanência ou retirada dos artigos da lista. Nesta etapa estes critérios funcionam como filtros.

3.1 Questões de Pesquisa (*Research Questions – RQ*)

No mapeamento sistemático, o objetivo principal deste estudo é conseguir fornecer uma descrição e uma avaliação do atual corpo de conhecimentos sobre a interseção entre os tópicos de interesse (SPENDER et al, 2017). O processo se inicia com a tarefa da elaboração das questões de pesquisa que serão usadas para orientar a revisão e proporcionar o atingimento dos resultados esperados, sendo desta forma uma das tarefas mais importantes do protocolo (Carvalho et al, 2017).

Este mapeamento tem o objetivo de subsidiar a pesquisa principal a responder o problema de pesquisa: Como estruturar um novo departamento de controle e gestão de ativos físicos estratégicos para as linhas de produção em uma indústria 4.0 de grande porte?

Partindo deste princípio, as questões de pesquisa deste mapeamento sistemático buscarão orientar os autores sobre este assunto e não necessariamente responder a esta questão. Foi então elaborado as questões da Tabela 1, que são orientadas a identificar tudo de relevante com relação aos assuntos de monitoramento, gestão e controle no ambiente da Indústria 4.0, abreviado na sigla MIC 4.0 – *Management and Industrial Control 4.0*.

Tabela 1. Questões de pesquisa do mapeamento sistemático.

Questão	Lógica
RQ1 – Quando foi publicado? Qual o período de pesquisa?	O objetivo desta questão de pesquisa é ter uma visão temporal da pesquisa sobre gestão e controle industrial 4.0 ou MIC 4.0.

<p>RQ2 – Onde está sendo divulgado com maior frequência o assunto?</p>	<p>O objetivo desta questão de pesquisa é saber se existem locais específicos que estão publicando pesquisas sobre MIC 4.0</p>
<p>RQ3 – Qual a abordagem das pesquisas sobre sistemas de controle de linhas de produção, preferencialmente na Siderurgia Brasileira, dentro da estratégia de indústria 4.0?</p>	<p>Esta questão busca identificar qual são os objetivos mais frequentes das pesquisas de MIC 4.0, com que tipo de abordagem eles falam do tema.</p>
<p>RQ4 – Como as empresas, com foco nas indústrias siderúrgicas, estão sendo estruturadas com relação a departamentos de controle das linhas de produção?</p>	<p>Identificar se existe alguma tendência ou padronização da estrutura departamental das siderúrgicas e empresas industriais de grande porte para trabalhar no assunto de MIC 4.0.</p>
<p>RQ5 – Como o ramo siderúrgico brasileiro está trabalhando com a indústria 4.0 com relação a controle de condição das linhas de produção?</p>	<p>Identificar as melhores práticas que as empresas do ramo siderúrgico estão adotando para trabalhar com as novas ferramentas da atualidade.</p>
<p>RQ6 – O que está sendo pesquisado e estudado sobre indústria 4.0 correlacionado com teorias de administração estratégica da produção industrial?</p>	<p>O objetivo desta questão é identificar estudos pesquisados na área de gestão que estejam correlacionados com a indústria 4.0. O foco principal da pesquisa não é abordar sistemas computacionais, sensores, mainframes, lógicas de automação e etc, no detalhe de como isso funciona, com uma abordagem técnica, mas sim com uma abordagem focada na gestão estratégica das empresas. Desta forma, ele será focado em usar toda essa tecnologia que vivenciamos com a quarta revolução industrial para ter informações e facilidades para tomada de decisões estratégicas.</p>

3.2 Search String

A *Search String* é uma forma de descrever a pesquisa em uma linguagem lógica para que seja possível seu equacionamento. Nos motores de buscas devem ser realizadas as pesquisas com uma combinação de palavras-chave, sendo estas palavras oriundas das questões de pesquisa que se deseja encontrar.

As palavras-chave precisam ser escritas e construídas em cadeias de pesquisa (Spender et al, 2017). Desta forma, é possível inseri-las na linguagem de programação dos motores de busca.

Após terem sido elegidas as palavras-chave, utiliza-se o conceito de conjunto para equacionar a busca. A *search string* utilizada neste estudo é descrita na figura 3.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{P} &= (\text{"Industrial Management and Control 4.0"}) \\
 \mathbf{Q} &= (\text{"monitoring" OR} \\
 &\quad \text{"control" OR "application" OR} \\
 &\quad \text{"analysis" OR "structure" OR} \\
 &\quad \text{"steel industry" OR "siderurgy" OR "method"}) \\
 \mathbf{R} &= (\text{"industry 4.0" OR "4th industrial revolution" OR "industrial 4.0"}) \\
 \mathbf{Search\ String} &= \boxed{\mathbf{P \vee (Q \wedge R)}}
 \end{aligned}$$

Figura 3. Descrição da *Search String*

3.3 Sources

Para fazer o levantamento de dados, a *search string* citada foi aplicada nos três motores de buscas abaixo relacionados indicados a seguir. Outros motores de buscas foram consultados, mas estes três apresentaram os melhores resultados e os demais foram descartados neste estudo e somente os resultados destes serão considerados, a saber:

- ☞ ACM Digital Library (<http://portal.acm.org>)
- ☞ IEEE Xplore (<http://ieeexplore.ieee.org>)
- ☞ Science Direct (<http://www.elsevier.com>)

3.4 Algorithms

A *search string* elaborada foi ajustada de acordo com cada tipo de motor, garantindo não deixar ela perder o conceito fundamental, mas criando um algoritmo. Esse ajuste é necessário para enquadrar a *string* de forma adequada para a linguagem de programação dos motores de busca. Para tal, faz-se necessário a utilização do recurso de busca avançada ou pesquisas por comandos, onde é possível executar e especificar pesquisas mais complexas do que nas pesquisas simples ou estruturadas. Com essas ferramentas é possível utilizar muitos termos e operadores de pesquisa.

3.5 Artigos de Controle

Para a validação das *search strings* no site, isto é, para ter certeza de que a pesquisa será bem sucedida foi utilizado artigos de controle. Os artigos de controle são aqueles que são conhecidos pelo autor, que são referência na sua pesquisa e assim devem estar contidos nas

pesquisas realizadas nos motores de buscas com base nas *search string* configuradas. Desta forma, os artigos de controle servem para testar se a configuração de pesquisa realizada vai ser bem sucedida, visto que os artigos de controle obrigatoriamente devem aparecer nos resultados pesquisados. Todos os artigos do estudo sistemático estão relacionados no apêndice A. Os artigos de controle utilizados foram os #53, #69, #76, #91 e #95.

3.6 Critérios de seleção – *Inclusion & Exclusion Criterias*

Seguindo o processo estabelecido, após a elaboração e execução do algoritmo, além de uma pré-avaliação para considerar a validade do conteúdo, já se obtém uma grande quantidade de artigos sobre o assunto de estudo. O próximo passo é estabelecer critérios nos quais estes artigos serão submetidos para filtrar aqueles que realmente estão dentro do objetivo da pesquisa e fornecerão informações suficientes para responder as questões de pesquisas estabelecidas.

Os critérios de inclusão e exclusão são usados para excluir estudos que não possuem relevância para responder às perguntas da pesquisa (Petersen, 2008). Assim, foi elegido um critério de inclusão (IC) e seis critérios de exclusão (EC).

3.6.1 Critério de Inclusão (IC- *Inclusion Criteria*)

Foi estabelecido um critério de inclusão para o mapeamento. Este parâmetro de validação indica que o artigo está de acordo com o objetivo do estudo e merece ser avaliado e estudado mais profundamente.

IC = O estudo discute o uso de teorias e ferramentas da Indústria 4.0 para o controle e monitoramento dos equipamentos estratégicos de linhas de produção de empresas de grande porte, com foco na siderurgia.

A razão para esta inclusão é que todos os artigos que satisfizerem este parâmetro estarão claramente alinhados com o objetivo da pesquisa principal que o mapeamento vai subsidiar. O assunto “Indústria 4.0” traz resultados muito diversificados, pois são comumente usados para abordar também outros fenômenos fora da gestão e controle. Uma quantidade muito grande de artigos que tratam o tema com objetivos diversos é encontrada e este parâmetro foi adequadamente suficiente para delimitar o que deseja ser incluso.

3.6.2 Critério de Exclusão (EC- *Exclusion Criteria*)

Seguindo o processo de refinamento dos resultados obtidos nas pesquisas, foi elaborado seis critérios que excluem os artigos que passaram no critério de inclusão. Muitos

artigos foram mapeados por abordarem o assunto de indústria 4.0, mas estes critérios de exclusão serão outros filtros para garantir que o artigo a ser estudado detalhadamente agregará valor ao mapeamento desejado. Os artigos que se adequaram no processo de inclusão apresentam as palavras-chave em seu resumo ou texto completo do artigo, mas não abordam um conteúdo que ajude a responder as perguntas de pesquisa do mapeamento, logo eles serão excluídos. A tabela 2 relaciona os critérios de exclusão utilizados.

Tabela 2. Critérios de exclusão.

EC	Critério de Exclusão (<i>Exclusion criteria</i>)	Razão da Exclusão
EC1	O estudo é de conteúdo estritamente técnico.	O objetivo deste mapeamento é de caráter gerencial e estratégico. Artigos com viés técnico, sobre a engenharia da indústria 4.0, sensores e sistemas de monitoramento e controle terão pouco a agregar ao estudo.
EC2	O estudo publicado não possui um resumo.	Os artigos precisam estar completos, no padrão de publicações. O primeiro filtro será feito em uma avaliação no resumo.
EC3	O estudo foi publicado no formato de um resumo.	Os artigos precisam estar completos, no padrão de publicações. Após a avaliação do resumo, o texto completo será avaliado, somente o resumo não agrega informação suficiente ao estudo.
EC4	O estudo não está escrito na língua inglesa ou portuguesa.	Outras línguas terão a necessidade de tradutores e podem induzir os autores a interpretações errôneas.
EC5	O estudo não possui ineditismo, ele é uma cópia de um estudo já existente.	Todo artigo encontrado que for uma cópia será descartado e o artigo copiado será avaliado, caso seja possível encontrá-lo.
EC6	O estudo foi publicado somente em congressos.	Artigos publicados somente em congressos tendem a não ter o aprofundamento desejado.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Aplicando o processo indicado por Kitchenham et al. e Carvalho et al. foi elaborado o protocolo de pesquisa e projeto de mapeamento sistemático, representado pelo fluxograma que está ilustrado na figura 4.

Foram identificados 493 artigos na compilação dos três motores de busca. Como as pesquisas são realizadas em cada um individualmente, é normal que o mesmo artigo seja encontrado em locais diferentes. Então, antes de se iniciar qualquer filtragem é feito uma

análise dos títulos dos artigos para eliminar aqueles que são duplicados. Ao final do processo ficaram 103 artigos para serem avaliados usando o devido critério, com o objetivo de responder as perguntas de pesquisa deste estudo e elaborar o mapeamento sistemático.

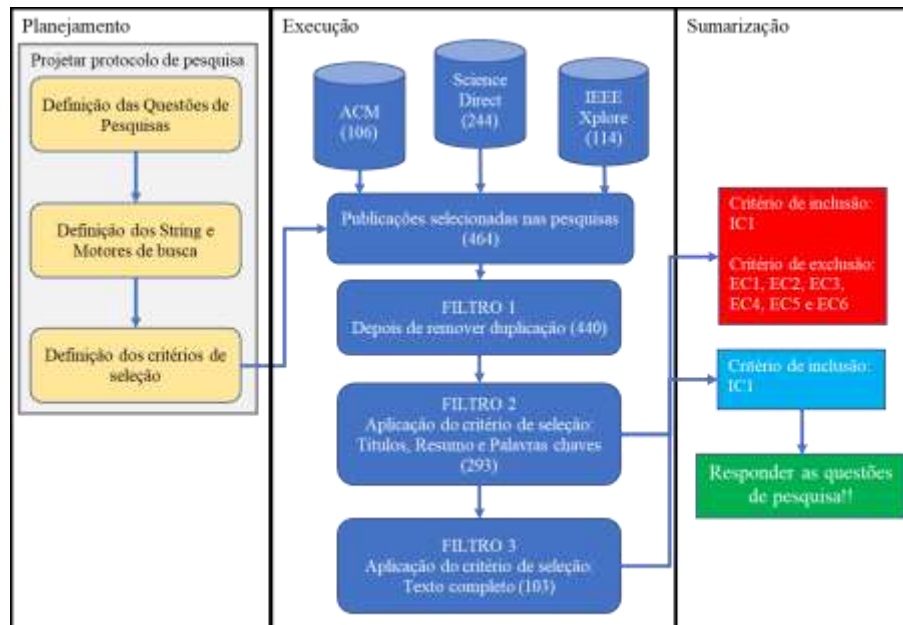


Figura 4. Processo de Mapeamento Sistemático.

As perguntas de pesquisas foram respondidas e a partir destas respostas foram selecionadas palavras-chave para representá-las. Esse procedimento foi adotado na análise para que fosse possível elaborar gráficos com todas as questões de pesquisa.

Na construção dos gráficos foi adotado uma compilação em Gráfico de Pareto, uma ferramenta básica da qualidade. Essa ferramenta é muito utilizada na administração geral e nos processos industriais para mapeamento de problemas semelhantes, facilitando assim a identificação das suas causas principais e atacá-las de forma efetiva (Lins, 1993). O gráfico de Pareto tem o aspecto de um gráfico de barras. Todos os parâmetros avaliados são classificados de acordo com sua contribuição para o somatório de dados estudados, e assim organizado de forma a exibir quais são os maiores contribuintes.

A técnica de quantificar a importância de cada categoria, ou a causa de um problema, depois ordená-las e depois desdobrá-las sucessivamente é denominada estratificação (Lins, 1993). Essa abordagem nos auxilia a identificar facilmente as maiores tendências de estudo que estão sendo realizados sobre monitoramento e controle industrial 4.0 (MIC 4.0) e as maiores lacunas neste assunto.

4.1 RQ1 – Quando foi publicado? Qual o período de pesquisa?

O assunto de monitoramento e controle é estudado muitos anos antes de 1990, que foi a linha de corte adotada. Entretanto, a quarta revolução industrial é um assunto mais recente. Foi confirmado que o assunto de monitoramento e controle industrial 4.0 está sendo muito pesquisado após 2015 e o primeiro estudo neste contexto foi em 1994.

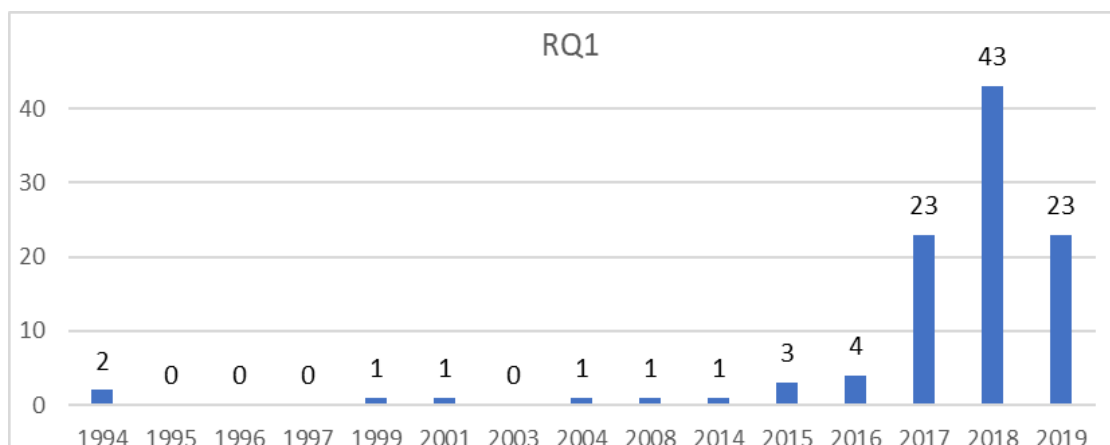


Figura 5. Distribuição de artigos publicados após 1990.

Como a pesquisa foi realizada em julho de 2019, pode ser considerado a tendência ascendente deste ano, pois no primeiro semestre já foram publicados a mesma quantidade de artigos de 2017, somando ao fato de que foram publicados o dobro de artigos em 2018, um aumento de 100%.

Tabela 3. Categorias da primeira questão de pesquisa.

Categoria	Descrição	Nº dos artigos
1994	Artigos publicados em 1994.	#7 e #78.
1999	Artigo publicado em 1999.	#58.
2001	Artigo publicado em 2001.	#85.
2004	Artigo publicado em 2004.	#10.
2008	Artigo publicado em 2008.	#86.
2014	Artigo publicado em 2014.	#47.
2015	Artigos publicados em 2015.	#13, #35 e #70.
2016	Artigos publicados em 2016.	#3, #9, #33 e 91.
2017	Artigos publicados em 2017.	#1, #15, #17, #27, #32, #36, #38, #44, #52, #64, #65, #66, #74, #79, #81, #84, #90, #93, #95, #96, #98, #101 e #102.

2018	Artigos publicados em 2018.	#4, #5, #6, #11, #12, #14, #19, #20, #21, #22, #23, #24, #25, #28, #29, #31, #39, #40, #41, #42, #43, #46, #49, #54, #56, #57, #61, #63, #67, #68, #69, #72, #77, #80, #83, #87, #88, #89, #92, #94, #99, #100 e #103.
2019	Artigos publicados em 2019.	#2, #8, #16, #18, #26, #30, #34, #37, #45, #48, #50, #51, #53, #55, #59, #60, #62, #71, #73, #75, #76, #82 e #97.

4.2 RQ2 – Onde está sendo divulgado com maior frequência o assunto?

Os artigos estão sendo publicados mais em revistas, seguindo daqueles apresentados em congressos e publicados em revistas. A outra categoria relevante é o *Journal*, onde foram encontradas muitas publicações. Além destas, foi identificado uma tese de doutorado da universidade de São Paulo muito interessante, abordando o assunto e este foi mapeado na pesquisa ilustrada na Figura 6 e Tabela 4.

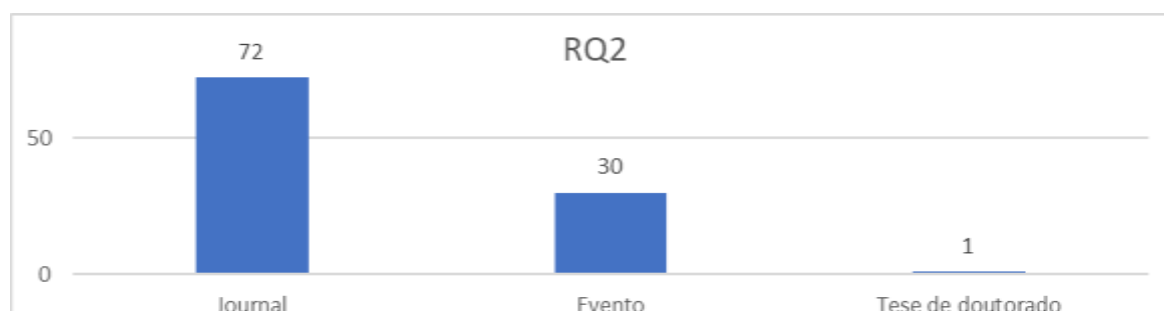


Figura 6. Distribuição de onde estão sendo mais publicados os artigos.

Tabela 4. Categorias da segunda questão de pesquisa.

Categoria	Descrição	Nº dos artigos
<i>Journal</i>	Artigo publicado em revistas científicas.	#1, #2, #5, #6, #7, #8, #9, #10, #11, #12, #15, #16, #17, #18, #24, #25, #26, #28, #30, #31, #32, #33, #34, #35, #39, #41, #42, #43, #45, #46, #47, #48, #49, #50, #51, #52, #58, #59, #60, #62, #63, #64, #67, #68, #69, #71, #72, #73, #74, #78, #79, #81, #82, #84, #85, #86, #87, #88, #89, #90, #91, #92, #93, #94, #95, #97, #98, #99, #100, #101, #102 e #103.
Evento	Artigo publicado em congressos e seminários.	#3, #4, #13, #14, #19, #20, #21, #22, #23, #29, #36, #37, #38, #40, #44, #53, #54, #55, #56, #57, #61, #65, #66, #70, #75, #76, #77, #80, #83 e #96.
Tese de doutorado	Dissertação de defesa de tese de doutorado.	#27.

4.3 RQ3 – Qual a abordagem das pesquisas?

Nesta questão foi mapeado qual a abordagem das pesquisas sobre sistemas de controle de linhas de produção, preferencialmente na Siderurgia Brasileira, dentro da estratégia de indústria 4.0. Os três tipos de abordagens mais utilizadas nos estudos foi a fabricação inteligente, softwares e inovações tecnológicas, resultando em mais da metade dos artigos mapeados. A tabela 3 relaciona as categorias mapeadas com suas respectivas descrições. A figura 7 e Tabela 5 ilustram estes dados.

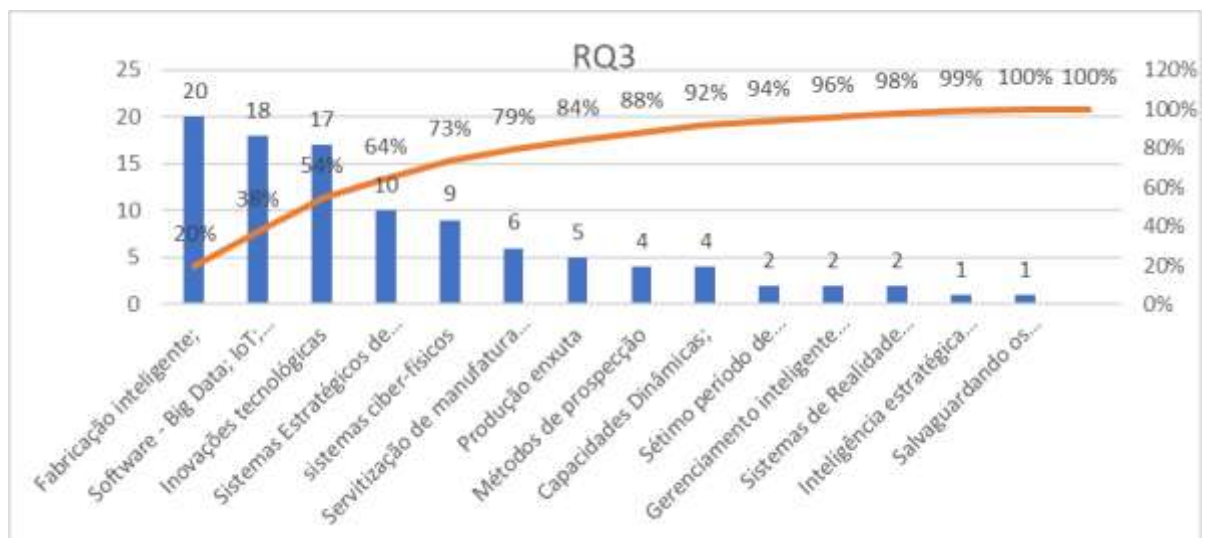


Figura 7. Gráfico de Pareto do mapeamento com base na RQ3.

Tabela 5. Categorias da terceira questão de pesquisa.

Categoria	Descrição	Nº dos artigos
Fabricação inteligente;	Aplicação de inteligência artificial nas fábricas estão tornando as linhas de produção sistematizadas e auto-operáveis e auto-monitoradas.	#2, #4, #11, #20, #23, #26, #29, #36, #48, #50, #54, #59, #71, #73, #76, #79, #81, #88, #101 e #102.
Software - Big Data; IoT; Análise e Machine Learn	Novas ferramentas digitais para os computadores que estão revolucionando as indústrias.	#1, #24, #31, #34, #39, #46, #49, #53, #61, #65, #67, #72, #75, #83, #91, #93, #94 e #95.
Inovações tecnológicas	Um novo produto específico ou um novo processo específico para as indústrias utilizando a tecnologia IoT e softwares.	#7, #8, #9, #13, #25, #27, #37, #40, #51, #52, #60, #70, #74, #77, #82, #90 e #100.

Sistemas Estratégicos de Informação	Suporte de sistemas de informação para decisões estratégicas, e sistemas que facilitam atividades estratégicas das indústrias.	#16, #22, #32, #43, #58, #66, #68, #78, #89 e #97.
Sistemas ciber-físicos	Uso de sistemas cibernéticos nas linhas de produção.	#33, #35, #38, #41, #45, #62, #64, #92 e #98.
Servitização de fabricas com big data	Atividades de manutenção industrial que utilizam grandes bancos de dados.	#3, #44, #47, #96, #99 e #103.
Produção enxuta	Uso das inovações tecnológicas para implantação de <i>Lean Production</i> .	#15, #21, #30, #42 e #85.
Métodos de prospecção	Novos produtos ou processos em teste para a indústria 4.0	#5, #14, #80 e #86.
Capacidades Dinâmicas;	Uso das ferramentas da indústria 4.0 para melhorar o conhecimento e capacitações dos colaboradores.	#17, #55, #57 e #69.
Sétimo período de gerenciamento da produção	Comparação da evolução da produção industrial com a administração da produção industrial.	#18 e #19.
Gerenciamento inteligente da cadeia de suprimentos	Transformação digital que está ocorrendo nos processos de suprimentos das indústrias.	#12 e #56.
Sistemas de Realidade Aumentada	Tecnologias que trabalham com realidade virtual para melhorar os processos.	#6 e #28.
Inteligência estratégica antecipatória coletiva;	Sistema estratégico para antecipação de dados coletivos	#10.
Salvaguardando os Sistemas da Indústria 4.0	Processos de segurança da informação da indústria 4.0	#63.

Para estudos de gestão da indústria 4.0 com referência a administração empresarial foi identificado poucos artigos, mas o conteúdo deste foram muito bem conceituados.

4.4 RQ4 – Como as empresas estão sendo estruturadas?

A quarta questão de pesquisa foi, como as empresas, preferencialmente as siderúrgicas, estão sendo estruturadas com relação a departamentos de controle das linhas de produção? As grandes empresas de produção industrial foram foco no mapeamento, buscando preferencialmente as do ramo siderúrgico pelo fato da pesquisa de estruturação do departamento de monitoramento e controle ter o objetivo de ser estudado este ramo em maior profundidade.

As pesquisas que mais apareceram foram sobre a aplicação de tecnologias para novas máquinas e controle de produção. As empresas estão se estruturando para automatizar de forma inteligente as atividades repetitivas dos operadores e as máquinas estão sendo equipadas com sistemas de monitoramento inteligente que coletam informações sobre elas mesmas para fornecer dados a sistemas de operação. A Tabela 6 relaciona as categorias com as respectivas descrições. A figura 8 é o gráfico de Pareto dos dados.

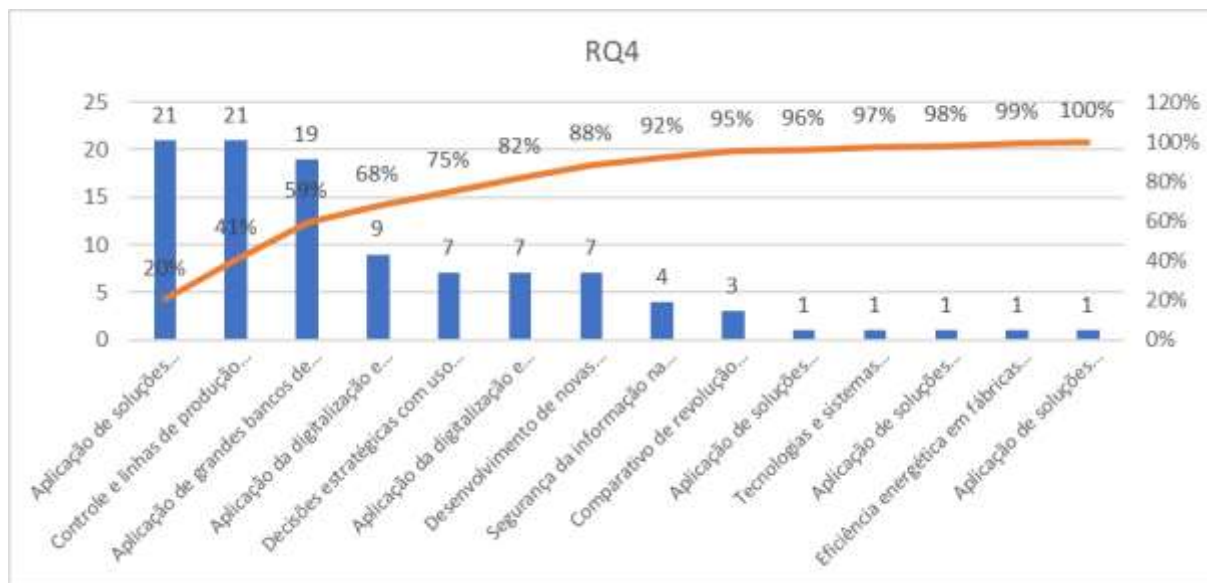


Figura 8. Gráfico de Pareto da distribuição da quarta questão de pesquisa.

Tabela 6. Categorias da quarta questão de pesquisa.

Categoria	Descrição	Nº dos artigos
Aplicação de soluções tecnológicas na produção	Novas máquinas ou componentes que automatizam as linhas de produção com conectividade.	#2, #4, #14, #20, #23, #27, #36, #42, #50, #54, #73, #76, #77, #79, #81, #85, #86, #88, #90, #98 e #101.
Controle e linhas de produção inteligente	Sistemas de informação e controle que tornam a produção automatizada de forma inteligente.	#8, #9, #10, #11, #13, #15, #21, #38, #40, #48, #51, #52, #56, #60, #62, #70, #71, #74, #92, #96 e #102.
Aplicação de grandes bancos de dados	Aplicação de Big Data nos processos industriais e gerenciais.	#1, #24, #30, #31, #33, #34, #39, #41, #49, #53, #57, #67, #68, #72, #91, #93, #94, #95 e #99.

Aplicação da digitalização e inovação para serviços	Uso de ferramentas da indústria 4.0 para as atividades de serviços.	#3, #28, #35, #44, #45, #47, #83, #97 e #103.
Decisões estratégicas com uso da tecnologia	As ferramentas tecnológicas e de conectividade favorecendo as elaborações da estratégia.	#7, #12, #22, #55, #58, #65 e #84.
Aplicação da digitalização e inovação para produção	Uso de ferramentas da indústria 4.0 para as atividades de operação.	#16, #29, #66, #69, #78, #80 e #82.
Desenvolvimento de novas tecnologias	Estudos de empresas que estão desenvolvendo novas tecnologias para a indústria 4.0.	#5, #37, #43, #46, #61, #64 e #100.
Segurança da informação na indústria 4.0	Boas práticas para a segurança da informação na indústria 4.0.	#26, #63, #75 e #89.
Comparativo de revolução industrial com revolução da administração	Estudo generalizado de evolução da administração da produção de indústrias 4.0.	#17, #18 e #19.
Aplicação de soluções tecnológicas em vendas	Ferramentas tecnológicas auxiliando os setores de vendas.	#6.
Tecnologias e sistemas inteligentes centrados no ser humano	Melhoria dos processos para os colaboradores.	#25.
Aplicação de soluções tecnológicas em suprimentos	Novas ferramentas tecnológicas focadas no setor de suprimento da indústria 4.0.	#87.
Eficiência energética em fábricas inteligentes	Uso da tecnologia para facilitar a gestão econômica de energia.	#59.
Aplicação de soluções cibernéticas avançadas	Desenvolvimento de soluções tecnologia cibernéticas.	#32.

As indústrias estão se estruturando para terem linhas de produção que possam ser auto operáveis, que tenham cada vez menos necessidade da interface humana. Nesta mesma linha, os sistemas propostos para levantar informações das máquinas estão muito evoluídos.

4.5 RQ5 – Como está o controle de condição das linhas de produção?

Buscando o método de trabalho das indústrias 4.0, esta questão de pesquisa procurou entender como o ramo siderúrgico brasileiro está trabalhando com a Indústria 4.0 com relação a controle de condição das linhas de produção.

Os artigos mapeados e estudados foram pesquisados sobre as indústrias que estão trabalhando com inovações digitais. Neste cenário de indústria 4.0, este é um resultado esperado. As empresas estão trabalhando com ferramentas tecnológicas que são relativamente novas no mercado para terem o melhor controle de condição, assim como também existe

aquelas com desenvolvimento de tecnologias inéditas e com avançados recursos tecnológicos. Confirmando que o método de trabalho está focado na inovação, a terceira categoria com mais estudos está ficada em empresas que estão prospectando novos mercados de trabalho com a criação dessas inovações. A Tabela 7 e figura 9 que é o gráfico de Pareto destes dados explicitam melhor as informações encontradas.

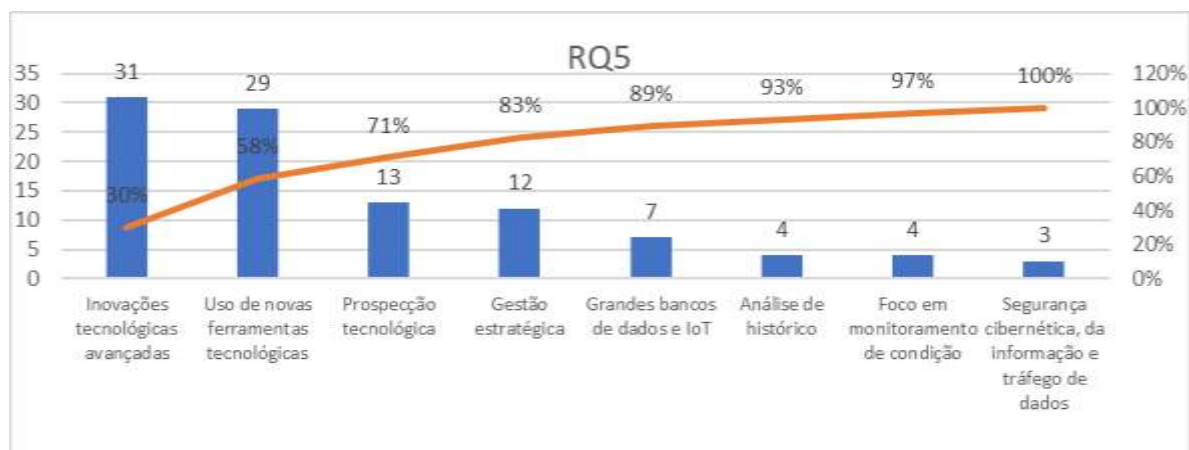


Figura 9. Gráfico de Pareto da distribuição dos dados.

Tabela 7. Categorias da quinta questão de pesquisa.

Categoria	Descrição	Nº dos artigos
Inovações tecnológicas avançadas	Desenvolvimento de avançadas tecnologias.	#1, #8, #13, #24, #29, #31, #34, #39, #40, #46, #47, #49, #53, #56, #60, #61, #62, #63, #64, #68, #71, #72, #76, #78, #91, #93, #94, #95, #97, #101 e #102.
Uso de novas ferramentas de tecnologias	Uso de ferramentas atualizadas para controle.	#4, #5, #6, #7, #9, #14, #16, #20, #23, #25, #27, #28, #32, #33, #35, #41, #42, #43, #45, #48, #52, #67, #73, #79, #80, #81, #98, #100 e #103.
Prospecção tecnológica	Desenvolvimento de novos negócios com uso da tecnologia.	#11, #17, #19, #37, #51, #55, #66, #70, #74, #77, #86, #88 e #90.
Gestão estratégica	Uso das ferramentas tecnológicas para gerir estrategicamente as indústrias.	#12, #15, #21, #22, #36, #54, #58, #59, #65, #84, #87 e #92.
Grandes bancos de dados e IoT	Gerenciamento de grande quantidade de dados com conectividade.	#38, #44, #50, #57, #75, #83 e #99.

Análise de histórico	Análise da evolução da indústria e administração.	#10, #18, #69 e #85.
Foco em monitoramento de condição	Tecnologias que são usadas para o monitoramento da condição operacional dos equipamentos de produção.	#2, #3, #30 e #82.
Segurança cibernética, da informação e tráfego de dados	Foco em sistemas cyber-físicos e no gerenciamento da segurança dos dados.	#26, #89 e #96.

O monitoramento de condição, apesar de ser extremamente importante nas indústrias, não possui muitos estudos aplicados, mesmo ele sendo facilitado pelas novas tecnologias da Indústria 4.0. Da mesma forma, o volume de informações e sistemas cibernéticos está aumentando a cada ano, mas não foram encontrados estudos de controle desta variável.

4.6 RQ6 – O que está sendo pesquisado e estudado sobre Indústria 4.0?

Esta questão direciona uma abordagem mais generalizada da indústria 4.0 com relação a gestão estratégica da produção. Questionando: O que está sendo pesquisado e estudado sobre Indústria 4.0 correlacionado com teorias de administração estratégica da produção industrial?

A forma de realizar análise inteligente de dados é o que mais está sendo pesquisado nos artigos mapeados. Todas as questões deram direcionamentos para a inovação, geração e controle de dados. Fechando este mapeamento é identificado que as pesquisas mais recentes estão muito preocupadas em analisar de forma inteligente, digitalizada e consistente todo o volume de dados que está sendo gerado nas indústrias 4.0. A figura 10 é o gráfico de Pareto dos dados e a Tabela 8 é a base de dados utilizadas.

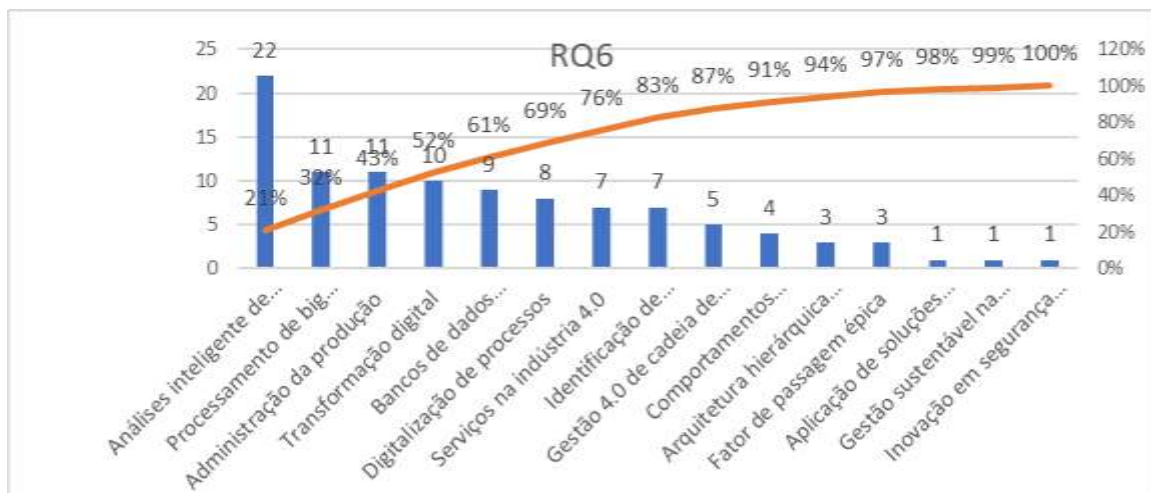


Figura 10. Gráfico de Pareto da distribuição dos dados da sexta RQ.**Tabela 8.** Categorias da sexta questão de pesquisa.

Categoria	Descrição	Nº dos artigos
Análises inteligente de dados	Forma efetiva e automatizada de análise de dados, uso de inteligência artificial.	#5, #6, #7, #8, #9, #10, #20, #30, #36, #40, #46, #47, #48, #50, #54, #62, #68, #76, #81, #82, #89 e #101.
Processamento de big data industrial	Utilização de grandes bancos de dados para trabalhar com todos os dados gerados na indústria.	#1, #24, #31, #34, #39, #49, #53, #72, #93, #94 e #95.
Administração da produção	Uso de tecnologia no gerenciamento da produção	#4, #12, #15, #21, #28, #42, #71, #79, #96, #98 e #102.
Transformação digital de processos	Atualização tecnológica de processos nas indústrias 4.0.	#16, #27, #32, #37, #60, #61, #64, #88, #90 e #100.
Bancos de dados estratégicos	Gerenciamento de grande volume de informações para tomada de decisões estratégicas.	#22, #26, #57, #58, #66, #75, #77, #92 e #99.
Serviços na indústria 4.0	Ferramentas tecnológicas usadas para desenvolver serviços.	#2, #13, #35, #44, #83, #97 e #103.
Identificação de oportunidades de negócios	Novas tecnologias favorecendo a abertura de novos negócios.	#29, #38, #45, #55, #78, #80 e #86.
Gestão 4.0 de cadeia de suprimentos	Uso de ferramentas tecnológicas para os setores de suprimentos.	#56, #65, #84, #87 e #91.
Comportamentos cooperativos em fábricas inteligentes	Conectividade dentro dos diferentes setores da indústria	#17, #69, #73 e #74.
Fator de passagem épica	Análise histórica da evolução da administração.	#18, #19 e #85.
Arquitetura hierárquica da fábrica inteligente	Alterações nos padrões hierárquicos no ambiente das indústrias 4.0.	#11, #51 e #70.
Inovação em segurança de dados	Novas tecnologias para maior segurança para os dados da indústria.	#63.
Gestão sustentável na indústria 4.0	Uso de tecnologias e processo que favoreçam uma gestão que não seja mutável a um nível prejudicial a empresa.	#59.

Alguns setores da indústria ficaram mais atrasados na corrida da Indústria 4.0, pois ela foi muito focada em sistemas produtivos e sensores, pegando um impulso no aumento da

automação. Entretanto, com a evolução da internet das coisas é possível perceber que toda a empresa está se tornando digital. Isso ficou evidente com a quantidade de estudos de indústria 4.0 correlacionado com cadeia de suprimentos.

5. CONCLUSÕES

As ferramentas tecnológicas que estão bem difundidas nesta era da Indústria 4.0 começaram a ser desenvolvidas e implementadas nas indústrias desde a década de 70. Desde lá, começamos a ver tecnologias caminhando para a digitalização, mas hoje ela está madura e muito mais disseminada no mercado. A digitalização se tornou um pilar forte na chamada "revolução industrial" por causa dessa intensidade, pois um revolucionário sozinho não faz uma revolução. O que antes era privilégio de poucas empresas é agora uma realidade (e quase uma necessidade) de muitas.

Apesar de parecerem assuntos distintos e dispersos um dos outros, a Indústria 4.0, o uso de IoT na indústria, o gerenciamento de manutenção, indicadores de desempenho, o sétimo período da administração da produção e a gestão de ativos físicos estão cada vez mais próximos na elaboração das estratégias empresariais. Eliminar falhas, melhorar o ciclo e tornar o processo produtivo mais assertivo são objetivos fortes da Indústria 4.0. A forma da indústria trabalhar está mudando, logo a forma de administrá-la também sofre suas alterações. A administração da produção passa a estar mais focada na gestão de padrões nas fábricas inteligentes, que são norteados pelas ferramentas da Indústria 4.0.

Nas empresas de grande porte é importante ter um departamento que concentre e gerencie as informações, principalmente da área de produção, que precisa saber a condição operacional das máquinas e geralmente tem muitas informações espalhadas nos departamentos. Este departamento, interligado ao setor de manutenção, receberia informações também do setor operacional, do setor de suprimentos, financeiro, de recursos humanos e principalmente das áreas de manutenção preditiva, engenharia de manutenção e monitoramento de condição. Com todas estas informações ele pode ter o mapeamento da condição operacional da planta, elaboração de indicadores, da capacidade produtiva real para os próximos anos, as necessidades de investimento, contratação de pessoal e quaisquer outras informações que possam ser programadas e codificadas para retroalimentarem também estes mesmos setores da empresa e principalmente a diretoria da empresa com informações

importantes, para assim tomar as devidas decisões estratégicas. A Indústria 4.0 precisa agregar valor a produtividade, eficiência e flexibilidade com uso dos recursos digitais para ser justificada dentro das indústrias. Cada empresa precisa entender como ela conseguirá estes objetivos e como (e principalmente, QUANTO) será o seu retorno, pois caso contrário ela não se justifica.

O mapeamento sistemático evidenciou que os estudos publicados estão mais focados na inovação que a Indústria 4.0 está nos trazendo. Além disso, muitos artigos tratam do assunto de monitoramento e controle de dados. Este são os dois assuntos mais abordados no estudo. Neste cenário, o mapeamento identifica cinco tecnologias mais influenciadoras na Indústria 4.0, que está também levantada no relatório do *World Economic Forum – WEF 2017* e no livro de Schwab (2016), a quarta revolução industrial, sendo – Internet das coisas; – Robótica avançada; – Sistemas de impressão 3D; – Acessórios inteligentes; – Inteligência artificial.

O quadro 1 exemplifica algumas tecnologias que estão bem difundidas nos setores empresariais utilizando a digitalização da Indústria 4.0.

Quadro 1. Ferramentas e aplicações digitais

Digitalização	Aplicação digital
Local de trabalho	<i>E-finance</i> ; Recursos humanos digitalizado; Compartilhamento do conhecimento interno com fácil acessibilidade (aplicações de smartphones, tablets e computadores)
Engenharia e Produção	Integração vertical; Otimização de processos com grandes bancos de dados (<i>Big Data</i>) e softwares <i>Analytics</i> ; Manutenção Preditiva; Monitoramento de Condição; Realidade Virtual; Engenharia Digital; linhas de produção inteligentes
Cadeia de Suprimentos	Execução e planejamento integrados; Visibilidade logística; Almoarifados inteligentes; Controladoria 4.0; <i>Analytics</i> na cadeia de suprimentos
Modelos de negócios, produtos e serviços digitalizados	Produtos otimizados digitalmente; Produtos e soluções inteligentes com conectividade; Serviços baseados em informações e automação; Modelos de negócios digitais
Gerenciamento de clientes e canais de acesso digital	Interação com os clientes e acessibilidade; Integração digital com os clientes; Canais de vendas otimizados; Gerenciamento do valor de tempo de vida do cliente (fidelização)

Foi identificado que muito pouco deles tratam de centralizar as informações de forma estratégica em um departamento, utilizando todos os dados gerados por todos os

departamentos da empresa e os processos, estude e organize com o uso das ferramentas digitais da quarta revolução industrial e toda a transformação digital. O que evidencia que a pesquisa proposta para elaborar o modelo de estruturação de um departamento de monitoramento e controle de ativos de uma empresa de grande porte é inédito.

Com base nos resultados deste mapeamento sistemático será possível pesquisar com intuito de encontrar as melhores maneiras de estruturar todas as ferramentas úteis da Indústria 4.0 com a organização empresarial. Buscando assim agregar valor ao conhecimento de como utilizar os novos recursos da transformação digital para conseguir melhores resultados.

6. APÊNDICE A – ARTIGOS DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

#1 - AKOKA, Jacky; COMYN-WATTIAU, Isabelle; LAOUFI, Nabil. Research on Big Data—A systematic mapping study *Computer Standards & Interfaces*, V. 54, p 105-115, 2017

#2 - ANDREACCHIO, Marco et al. Assessing cyber-physical systems to balance maintenance replacement policies and optimise long-run average costs for aircraft assets *IET Cyber-Physical Systems: Theory & Applications*, V. 4, n 2, p 148-155, 2018

#3 - ASCHENBRENNER, Doris; LATOSCHIK, Marc Erich; SCHILLING, Klaus. Industrial maintenance with augmented reality: two case studies In: *Proceedings of the 22nd ACM Conference on Virtual Reality Software and Technology ACM*, 2016, p. 341-342

#4 - BADER, Farah; RAHIMIFARD, Shahin. Challenges for Industrial Robot Applications in Food Manufacturing In: *Proceedings of the 2nd International Symposium on Computer Science and Intelligent Control ACM*, 2018, p.37.

#5 - BAGHERI, Mehdi; ZOLLANVARI, Amin; NEZHIVENKO, Svyatoslav. Transformer fault condition prognosis using vibration signals over cloud environment *IEEE Access*, V. 6, p 9862-9874, 2018

#6 - BLANCO-NOVOA, Oscar et al. A practical evaluation of commercial industrial augmented reality systems in an industry 40 shipyard *IEEE Access*, V. 6, p 8201-8218, 2018

#7 - BUDIĆ, Zorica D; GODSCHALK, David R. Implementation and management effectiveness in adoption of GIS technology in local governments *Computers, environment and urban systems*, V. 18, n 5, p 285-304, 1994

#8 - CALL, Umit; ÇAKIR, Ozan. Energy Policy Instruments for Distributed Ledger Technology Empowered Peer-to-Peer Local Energy Markets IEEE Access, V. 7, p 82888-82900, 2019

#9 - CARINO, Jesus A et al. Enhanced industrial machinery condition monitoring methodology based on novelty detection and multi-modal analysis IEEE access, V. 4, p 7594-7604, 2016

#10 - CARON-FASAN, Marie-Laurence; JANISSEK-MUNIZ, Raquel. Análise de informações de inteligência estratégica antecipativa: proposição de um método, caso aplicado e experiências 2004 Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Raquel_Muniz/publication/317350681_Analise_de_informacoes_de_Inteligencia_Estrategica_Antecipativa_proposicao_de_um_metodo_caso_aplicado_e_experiencias/links/5935acf345851553b600153c/Analise-de-informacoes-de-Inteligencia-Estrategica-Antecipativa-proposicao-de-um-metodo-caso-aplicado-e-experienciaspdf>

#11 - CHEN, Baotong et al. Smart factory of industry 40: Key technologies, application case, and challenges IEEE Access, V. 6, p 6505-6519, 2017

#12 - CHEN, Ping-Kuo et al. Development of a supply chain integration process IEEE Access, V. 6, p 40226-40244, 2018

#13 - CHENG, Chih-Hong et al. Semantic degrees for industrie 40 engineering: Deciding on the degree of semantic formalization to select appropriate technologies In: Proceedings of the 2015 10th Joint Meeting on Foundations of Software Engineering ACM, 2015, p. 1010-1013.

#14 - CIORTEA, Andrei; MAYER, Simon; MICHAHELLES, Florian. Repurposing manufacturing lines on the fly with multi-agent systems for the Web of Things. In: Proceedings of the 17th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, 2018. p. 813-822.

#15 - DALLASEGA, Patrick. Industry 4.0 fostering construction supply chain management: Lessons learned from engineer-to-order suppliers IEEE Engineering Management Review, V. 46, n 3, p 49-55, 2018

#16 - DARSENA, Donatella; GELLI, Giacinto; VERDE, Francesco. Cloud-Aided Cognitive Ambient Backscatter Wireless Sensor Networks IEEE Access, V.7, p 57399-57414, 2019

#17 - DE CARVALHO, Carlos André Batista et al. State of the art and challenges of security SLA for cloud computing Computers & Electrical Engineering, V. 59, p 141-152, 2017

#18 - DOS SANTOS, Ismael Luiz; DOS SANTOS, Ruan Carlos; JUNIOR, Daniel de Souza Silva. Analysis of the Industry 4.0 How Breaking Element in Production Administration Future Studies Research Journal: Trends and Strategies, V. 11, n 1, 2019 Disponível em: <<https://www.futurejournal.org/FSRJ/article/view/381>>

#19 - DURMUŞOĞLU, Zeynep Didem Unutmaz; ÇİFTÇİ, Pınar Kocabey. The Evolution of the Industry 4.0: A Retrospective Analysis Using Text Mining In: Proceedings of the Fourth International Conference on Engineering & MIS 2018 ACM, 2018 p59

#20 - DZIURZANSKI, Piotr; SWAN, Jerry; INDRUSIAK, Leandro Soares. Value-based manufacturing optimisation in serverless clouds for industry 4.0 In: Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference ACM, 2018 p 1222-1229

#21 - ELLWEIN, Carsten; ELSER, Anja; RIEDEL, Oliver. Production Planning and Control Systems: Breakage in Connectivity: Make them fit to fit altering conditions In: Proceedings of the 2018 International Conference on Computers in Management and Business ACM, 2018 p 54-58

#22 - ELMOAQET, Hisham et al. Design and Integration of an IoT Device for Training Purposes of Industry 4.0 In: Proceedings of the 2nd International Symposium on Computer Science and Intelligent Control ACM, 2018 p25

#23 - ELOMARI, Jawad; SVENSSON, Stefan U; OLSSON, Kerstin.. The role of simulation optimization in process automation for discrete manufacturing excellence In: Proceedings of the 2018 Winter Simulation Conference IEEE Press, 2018 p 4084-4085

#24 - FEIJOO-MARTÍNEZ, Juan Ramón et al. Event Analysis on Power Communication Networks With Big Data for Maintenance Forms IEEE Access, V. 6, p 72263-72274, 2018

#25 - FERNÁNDEZ-CARAMÉS, Tiago M; FRAGA-LAMAS, Paula.. A review on human-centered iot-connected smart labels for the industry 4.0 IEEE Access, V.6, p 25939-25957, 2018

#26 - FERNÁNDEZ-CARAMÉS, Tiago M; FRAGA-LAMAS, Paula.. A Review on the Application of Blockchain to the Next Generation of Cybersecure Industry 4.0 Smart Factories IEEE Access, V. 7, p 45201-45218, 2019

#27 - FINANCE, Audit Tax Consulting Corporate. Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. Finance, Audit Tax Consulting Corporate: Zurich, Swiss, 2015.

#28 - FRAGA-LAMAS, Paula et al. A review on industrial augmented reality systems for the industry 4.0 shipyard IEEE Access, V. 6, p 13358-13375, 2018

#29 - FRIEDL, Anton. Meeting Industrie 4.0 challenges with S-BPM. In: Proceedings of the 10th International Conference on Subject-Oriented Business Process Management ACM, 2018.

#30 - GAGGERO, Mauro et al. When Time Matters: Predictive Mission Planning in Cyber-Physical Scenarios IEEE Access, V.7, p 11246-11257, 2019

#31 - GALLETTA, Antonino et al. A cloud-based system for improving retention marketing loyalty programs in industry 4.0: a study on big data storage implications. IEEE Access, V.6, p 5485-5492, 2017

#32 - HALLER, Piroška; GENGE, Béla. Using sensitivity analysis and cross-association for the design of intrusion detection systems in industrial cyber-physical systems IEEE Access, V.5, p 9336-9347, 2017

#33 - HARRISON, Robert; VERA, Daniel; AHMAD, Bilal. Engineering methods and tools for cyber-physical automation systems Proceedings of the IEEE, V. 104, n 5, p 973-985, 2016

#34 - HE, Zhenzhen et al. Big Data-Oriented Product Failure Intelligent Root Cause Identification Using Associated Tree and Fuzzy DEA IEEE Access, V.7, p 34687-34698, 2019

#35 - HERTERICH, Matthias; UEBERNICKEL, Falk; BRENNER, Walter. The impact of cyber-physical systems on industrial services in manufacturing Procedia CIRP - Product Services Systems and Value Creation, V. 30, p. 323-328 2015 Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.2.110>>

#36 - HESSE, Guenter et al. A new application benchmark for data stream processing architectures in an enterprise context: doctoral symposium In: Proceedings of the 11th ACM International Conference on Distributed and Event-based Systems ACM, 2017 p 359-362

#37 - HUNG, Wei-Hsi et al. Analysis of Key Success Factors for Industry 4.0 Development In: Proceedings of the 2019 5th International Conference on E-business and Mobile Commerce ACM, 2019 p 51-56

#38 - IGLESIAS, Aitziber et al. Product line engineering of monitoring functionality in industrial cyber-physical systems: A domain analysis In: Proceedings of the 21st International Systems and Software Product Line Conference-Volume A ACM, 2017 p 195-204

#39 - ILLA, Prasanna Kumar; PADHI, Nikhil. Practical Guide to Smart Factory Transition Using IoT, Big Data and Edge Analytics IEEE Access, V. 6, p 55162-55170, 2018

#40 - JENDERNY, Sascha et al. Development of an instrument for the assessment of scenarios of work 40 based on socio-technical criteria In: Proceedings of the 11th PErvasive Technologies Related to Assistive Environments Conference ACM, 2018 p 319-326

#41 - JIANG, Yuchen; YIN, Shen; KAYNAK, Okyay. Data-driven monitoring and safety control of industrial cyber-physical systems: Basics and beyond IEEE Access, V. 6, p 47374-47384, 2018

#42 - JIANG, Zengqiang et al. Distributed dynamic scheduling for cyber-physical production systems based on a multi-agent system IEEE Access, V. 6, p 1855-1869, 2017

#43 - KHODABAKHSH, Athar et al. Multivariate sensor data analysis for oil refineries and multi-mode identification of system behavior in real-time IEEE Access, V. 6, p 64389-64405, 2018

#44 - KOLYVAKIS, Prodromos; YOO, Min-Jung; KIRITSIS, Dimitris. Knowledge as a service in the IoT era In: Proceedings of the 1st International Conference on Internet of Things and Machine Learning ACM, 2017 p23

#45 - KURU, Kaya; YETGIN, Halil. Transformation to advanced mechatronics systems within new industrial revolution: A novel framework in Automation of Everything (AoE) IEEE Access, V. 7, p 41395-41415, 2019

#46 - LANZA, Jorge et al. Experimentation as a service over semantically interoperable Internet of Things testbeds IEEE Access, V. 6, p 51607-51625, 2018

#47 - LEE, Jay; KAO, Hung-an; YANG, Shanhu. Service innovation and smart analytics for industry 40 and big data environment Procedia CIRP - Product Services Systems and Value Creation, V. 16, Pág 3-8, 2014 Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.2001>>

#48 - LHACHEMI, Hugo; MALIK, Ammar; SHORTEN, Robert. Augmented Reality, Cyber-Physical Systems, and Feedback Control for Additive Manufacturing: A Review IEEE Access, V. 7, p 50119-50135, 2019

#49 - LI, Xiaomin et al. Exploiting Industrial Big Data Strategy for Load Balancing in Industrial Wireless Mobile Networks IEEE Access, V.6, p 6644-6653, 2017

#50 - LIN, Chun-Cheng et al. Concept Drift Detection and Adaption in Big Imbalance Industrial IoT Data Using an Ensemble Learning Method of Offline Classifiers IEEE Access, V. 7, p 56198-56207, 2019

#51 - LIU, Datong et al. IEEE Access Special Section Editorial: Complex System Health Management Based on Condition Monitoring And Test Data IEEE Access, V.6, p 72028-72032, 2018

#52 - LIU, Qiang et al. An access control model for resource sharing based on the Role-Based access control intended for Multi-domain manufacturing Internet of Things. IEEE Access, V. 5, p. 7001-7011, 2017.

#53 - LOPEZ, Cindy-Pamela; SEGURA, Marco; SANTÓRUM, Marco. Data Analytics and BI Framework based on Collective Intelligence and the Industry 40 In: Proceedings of the 2019 2nd International Conference on Information Science and Systems ACM, 2019 p 93-98

#54 - LUGARESI, Giovanni; MATTA, Andrea. Real-time simulation in manufacturing systems: challenges and research directions In: 2018 Winter Simulation Conference (WSC) IEEE, 2018 p 3319-3330

#55 - MANDA, More Ickson; BEN DHAOU, Soumaya. Responding to the challenges and opportunities in the 4th Industrial revolution in developing countries In: Proceedings of the 12th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance ACM, 2019.

#56 - MARINAGI, Catherine; SKOURLAS, Christos; GALIOTOU, Eleni. Advanced information technology solutions for implementing information sharing across supply chains. In: Proceedings of the 22nd Pan-Hellenic Conference on Informatics. ACM, 2018. p. 99-102.

#57 - MENDONÇA, Claudio M. Campos de; ANDEADE, António; NETO, Manoel V de Sousa Uso do IoT, big data e inteligência artificial nas capacidades dinâmicas e seus Microfundamentos Veritati - Repositório Institucional2018 Disponível em <<http://hdl.handle.net/1040014/25384>>

#58 - MIRANDA, Roberto Campos da Rocha. O uso da informação na formulação de ações estratégicas pelas empresas. Ci. Inf., Brasília , V. 28, n. 3, p. 286-292, dez. 1999. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19651999000300006&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 31 out. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-19651999000300006>.

#59 - MOHAMED, Nader; AL-JAROODI, Jameela; LAZAROVA-MOLNAR, Sanja. Leveraging the capabilities of industry 40 for improving energy efficiency in smart factories IEEE Access, V. 7, p 18008-18020, 2019

#60 - MONGIELLO, Marina et al. Guest Editorial: Industry 40: the DIGITAL Transformation in the Engineering findings (DIGITATE)

#61 - MOTTA, Rebeca C; DE OLIVEIRA, Káthia M; TRAVASSOS, Guilherme H. On challenges in engineering IoT software systems In: Proceedings of the XXXII Brazilian Symposium on Software Engineering ACM, 2018 p 42-51

#62 - MOUELHI, Sebti et al. Predictive Formal Analysis of Resilience in Cyber-Physical Systems IEEE Access, V. 7, p 33741-33758, 2019

#63 - MOUSTAFA, Nour et al. A new threat intelligence scheme for safeguarding industry 4.0 systems IEEE Access, V. 6, p 32910-32924, 2018

#64 - MULLER, Hausi A. The rise of intelligent cyber-physical systems 2017

#65 - NEUBAUER, Matthias; KRENN, Florian. Subject-oriented design of smart hyper-connected logistics systems In: Proceedings of the 9th Conference on Subject-oriented Business Process Management ACM, 2017 p5

#66 - NIENKE, Steffen et al. Energy-management 40: roadmap towards the self-optimising production of the future In: Proceedings of the 6th International Conference on Informatics, Environment, Energy and Applications ACM, 2017 p 6-10

#67 - NIKOUKAR, Ali et al. Low-power wireless for the internet of things: Standards and applications IEEE Access, V. 6, p 67893-67926, 2018

#68 - OSTERMEYER, Emeric et al. An ontology-based framework for the management of machining information in a data mining perspective IFAC-PapersOnLine, V.51, n 11, p 302-307, 2018

#69 - PARAVIZO, Esdras et al. Exploring gamification to support manufacturing education on industry 40 as an enabler for innovation and sustainability Procedia Manufacturing, V.21, p 438-445, 2018

#70 - PARK, Han-Sol et al. In-Memory Data Grid System for Real-Time Processing of Machine Sensor Data in a Smart Factory Environment. In: Proceedings of the 2015 International Conference on Big Data Applications and Services ACM, 2015 p 92-97

#71 - PERES, Ricardo Silva et al. Multistage quality control using machine learning in the automotive industry IEEE Access, V. 7, p 79908-79916, 2019

#72 - QI, Qinglin; TAO, Fei. Digital twin and big data towards smart manufacturing and industry 40: 360 degree comparison IEEE Access, V.6, p 3585-3593, 2018

#73 - REIMANN, Jan; SZIEBIG, Gabor. The Intelligent Factory Space—A Concept for Observing, Learning and Communicating in the Digitalized Factory IEEE Access, 2019

#74 - REN, Gang et al. A multi-perspective method for analysis of cooperative behaviors among industrial devices of smart factory. IEEE Access, V.5, p 10882-10891, 2017

#75 - SAHMI, Imane; MAZRI, Tomader; HMINA, Nabil. Study of the Different Security Threats on the Internet of Things and their Applications In: Proceedings of the 2nd International Conference on Networking, Information Systems & Security ACM, 2019 p68

#76 - SCHUH, Günther et al. Systematic Analysis of IT Complexity Challenges Hindering the Implementation of Industrie 40 Roadmaps In: Proceedings of the 2019 the 5th International Conference on e-Society, e-Learning and e-Technologies ACM, 2019 p 104-108

#77 - SHAABAN, Abdelkader Magdy et al. CloudWoT-A Reference Model for Knowledge-based IoT Solutions In: Proceedings of the 20th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services ACM, 2018 p 272-281

#78 - SHEPHERD, Anne; ORTOLANO, Leonard. Critiquing expert systems for planning and management Computers, environment and urban systems, V.18, n 5, p 305-314, 1994

#79 - SUN, Chengyuan; HOU, Jian. An improved principal component regression for quality-related process monitoring of industrial control systems IEEE Access, V.5, p 21723-21730, 2017

#80 - SZÁNTÓ, Zoltán; SÁNDOR, Hunor; GENGE, Béla. A Testbed for Performing Security Experiments with Software-Defined Industrial Control Systems In: Proceedings of the Central European Cybersecurity Conference 2018 ACM, 2018 p6

#81 - TAO, Fei; ZHANG, Meng. Digital twin shop-floor: a new shop-floor paradigm towards smart manufacturing Ieee Access, V.5, p 20418-20427, 2017

#82 - TEH, Jiashen; LAI, Ching-Ming. Reliability impacts of the dynamic thermal rating system on smart grids considering wireless communications IEEE Access, V.7, p 41625-41635, 2019

#83 - THIRUNAVUKKARASU, Gokul Sidarth et al. IoT-Based System Health Management Infrastructure as a Service In: Proceedings of the 2018 International Conference on Cloud Computing and Internet of Things ACM, 2018 p 55-61

#84 - TIAHJONO, Benny; ESPLUGUES, C; ARESC, E; PELAEZC, G. What does industry 4.0 mean to supply chain? Procedia Manufacturing, V. 13, PÁG 1175-11822017 Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.9.011>>

#85 - VENKATASUBRAMANIAN, Venkat. Process fault detection and diagnosis: Past, present and future IFAC Proceedings Volumes, V. 34, n 27, p 1-13, 2001

#86 - VIEIRA, Zea Duque; MAYERHOFF, Luna. Uma análise sobre os estudos de prospecção tecnológica Cadernos de Prospecção Vol1, N1 - Pág 7-92008 Disponível em <<https://portalseer.ufba.br/index.php/nit/article/viewFile/3538/2637>>

#87 - WAGNER, Tobias; HERRMANN, Christoph; THIEDE, Sebastian. Industry 4.0 Impacts on Lean Production Systems, Procedia Engineering, V.63, p.125-131, 2017 doi: 10.1016/j.procir.2017.03.011

#88 - WAN, Jiafu et al. Artificial intelligence for cloud-assisted smart factory IEEE Access, V.6, p 55419-55430, 2018

#89 - WAN, Jiafu et al. IEEE Access Special Section Editorial: Key Technologies for Smart Factory of Industry 4.0 IEEE Access, V. 7, p 17969-17974, 2019

#90 - WANG, Shiyong et al. An integrated industrial ethernet solution for the implementation of smart factory IEEE Access, V. 5, p 25455-25462, 2017

#91 - WITKOWSKI, Krzysztof. Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management Revista Procedia Engineering V. 182, Páginas 763-769, 2017 Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817313346>>

#92 - XU, Hansong et al. A survey on industrial Internet of Things: A cyber-physical systems perspective IEEE Access, V. 6, p 78238-78259, 2018

#93 - XU, Xiaoya; HUA, Qingsong. Industrial big data analysis in smart factory: Current status and research strategies IEEE Access, V. 5, p 17543-17551, 2017

#94 - YAN, Hehua et al. Industrial big data analytics for prediction of remaining useful life based on deep learning IEEE Access, V. 6, p 17190-17197, 2018

#95 - YAN, Jihong et al. Industrial big data in an industry 4.0 environment: Challenges, schemes, and applications for predictive maintenance IEEE Access, V.5, p 23484-23491, 2017

#96 - YANG, Wenhe; TAKAKUWA, Soemon. Simulation-based dynamic shop floor scheduling for a flexible manufacturing system in the industry 4.0 environment In: 2017 Winter Simulation Conference (WSC) IEEE, 2017 p 3908-3916

#97 - YANG, Wenli et al. A Survey on Blockchain-based Internet Service Architecture: Requirements, Challenges, Trends and Future, IEEE Access, 2019

#98 - YU, Zhenhua et al. Trustworthiness modeling and analysis of cyber-physical manufacturing systems IEEE Access, v 5, p 26076-26085, 2017

#99 - ZHANG, Hao et al. A generic data analytics system for manufacturing production. Big Data Mining and Analytics, V. 1, n 2, p 160-171, 2018.

#100 - ZHANG, Yan-Kui et al. Direct position determination of non-circular sources based on a Doppler-extended aperture with a moving coprime array IEEE Access, V.6, p 61014-61021, 2018

#101 - ZHONG, Ray Y; XU, Xun; KLOTZ, Ederhard; NEWMAN, Stephen. Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review, Engineering, V. 143741, p. 616-630, 2017. doi:101016/JENG2017

#102 - ZHOU, Nan et al. Model-based development of knowledge-driven self-reconfigurable machine control systems IEEE Access, V. 5, p 19909-19919, 2017

#103 - ZHU, Xingtong; XIONG, Jianbin; LIANG, Qiong. Fault diagnosis of rotation machinery based on support vector machine optimized by quantum genetic algorithm IEEE Access, V. 6, p 33583-33588, 2018

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A.L.; ANDRADE, W.; GUERRERO, D. Um Mapeamento Sistemático sobre a Avaliação do Pensamento Computacional no Brasil. In: Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, p. 1147, 2016. doi:10.5753/cbie.wcbie.2016.1147.

CARVALHO, C.A.B.; ANDRADE, R.M.C.; CASTRO, M.F.; COUTINHO, E.F.; AGOULMINE, N. State of the art and challenges of security SLA for cloud computing, **Computers & Electrical Engineering**, V. 59, 2017, p. 141-152. doi: 10.1016/j.compeleceng.2016.12.030.

SANTOS, I. L.; SANTOS, R.C.; SILVA JR, D.S. Análise da Indústria 4.0 como Elemento Rompedor na Administração de Produção/Analysis of the Industry 4.0 How Breaking Element in Production Administration. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategy**, V. 11, n. 1, p. 48-65, 2019. doi: 10.24023/FutureJournal/2175-5825/2019.v11i1.381.

ELMOAQET, H. et al. Design and Integration of an IoT Device for Training Purposes of Industry 4.0. In: Proceedings of the 2nd International Symposium on Computer Science and Intelligent Control. ACM, 2018. p. 25.

FRIEDL, A.. Meeting Industrie 4.0 challenges with S-BPM. In: Proceedings of the 10th International Conference on Subject-Oriented Business Process Management. ACM, 2018.

ILLA, P. K.; PADHI, N. Practical Guide to Smart Factory Transition Using IoT, Big Data and Edge Analytics. **IEEE Access**, V. 6, p. 55162-55170, 2018. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2872799.

KITCHENHAM, B.; PRETORIUS, R.; BUDGEN, D.; BRERETON, O.P.; TURNER, M.; NIAZI, M., LINKMAN, S. Systematic Literature Reviews in Software Engineering – A Tertiary Study. **Information and Software Technology**, V. 52, p. 792-805, 2010. doi: 10.1016/j.infsof.2010.03.006.

KITCHENHAM, B.; BRERETON, P.; BUDGEN, D. Mapping study completeness and reliability – a case study. In: 16th International Conference on Evaluation & Assessment in Software Engineering (EASE 2012), 2012. doi: 10.1049/ic.2012.0016

LEE, J.; KAO, H-A.; YANG, S. Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. **Procedia CIRP - Product Services Systems and Value Creation**. V. 16, Pág. 3-8, 2014. doi:10.1016/j.procir.2014.02.001.

LINS, B.F.E. Ferramentas básicas da qualidade. **Ciência da Informação**, V. 22, n. 2, 1993.

NORTON, D.P.; KAPLAN, R. S. **ORGANIZAÇÃO ORIENTADA PARA A ESTRATÉGIA, como empresas que adotaram o BALANCED SCORE CARD prosperaram no novo ambiente de negócios**. 12 ° Edição. Campus, 2000.

PEINADO, J.; GRAEML, A.R. **Administração da produção. Operações industriais e de serviços**. Unicenp, 2007.

PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. Systematic mapping studies in software engineering. In: 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering - EASE, V. 17, no. 1, p. 1–10, 2008.

PORTER, M.E. **ESTRATÉGIA COMPETITIVA: Técnicas para análise de Indústrias e da concorrência**. 7 ° Edição. Campus, 2004.

RAPTIS, T.P.; PASSARELLA, A.; CONTI, M. Data Management in Industry 4.0: State of the Art and Open Challenges. **IEEE Access**, V. 7, p. 97052-97093, 2019. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2929296.

SANTOS, N.D.B. Indústria 4.0: aplicação da internet das coisas na área industrial. Estudo de caso no grupo Tecnofita. Dissertação de Mestrado em Gestão de Sistemas e Tecnologias de Informação. Universidade Atlântica, 2017.

SPENDER, J-C. et al. Startups and open innovation: a review of the literature. **European Journal of Innovation Management**, V. 20, n. 1, p. 4-30, 2017. doi: 10.1108/EJIM-12-2015-0131.

World Economic Forum – WEF. System Initiative on shaping the Future of Production: Impact of the Fourth Industrial Revolution on Supply Chains. 2017.

WITKOWSKI, K. Internet of things, big data, industry 4.0–innovative solutions in logistics and supply chains management. **Procedia Engineering**, V. 182, p. 763-769, 2017. doi: 10.1016/j.proeng.2017.03.197.

YAN, J. et al. Industrial big data in an industry 4.0 environment: Challenges, schemes, and applications for predictive maintenance. **IEEE Access**, V. 5, p. 23484-23491, 2017. doi: 10.1109/ACCESS.2017.2765544.

ZHANG, H. et al. A generic data analytics system for manufacturing production. **Big Data Mining and Analytics**, V. 1, n 2, p 160-171, 2018.