

MESTRADO
CIÊNCIAS EMPRESARIAIS
TRABALHO FINAL DE MESTRADO
DISSERTAÇÃO

INDÚSTRIA 4.0:
O IMPACTO DO *BIG DATA* E *INTERNET OF THINGS*

NUNO MIGUEL MEIRELES BARRETO

FEVEREIRO 2019

MESTRADO
CIÊNCIAS EMPRESARIAIS
TRABALHO FINAL DE MESTRADO
DISSERTAÇÃO

INDÚSTRIA 4.0:
O IMPACTO DO *BIG DATA* E *INTERNET OF THINGS*

NUNO MIGUEL MEIRELES BARRETO

ORIENTAÇÃO:

PROFESSOR DOUTOR JOSÉ MANUEL DIAS LOPES

FEVEREIRO 2019

Resumo

A tecnologia possui um papel cada vez mais importante, na economia, e por consequência nas organizações. O impacto está patente na quarta revolução industrial e nas consequências que esta tem nas organizações. É por isso considerado que a sua análise é de importante relevo.

A Indústria 4.0 é considerada como um conjunto de tecnologias que estão a emergir na atualidade, estando ainda pouco estudadas, sendo estas balizadas por um conjunto de características que as definem como integrantes da quarta revolução industrial. Assim, o presente estudo procura estudar, através da análise de artigos científicos e de investigação, quais os impactos que as tecnologias *Big Data* e *Internet of Things* têm na Indústria 4.0. A revisão de literatura permitiu estabelecer seis critérios essenciais da Indústria 4.0: interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidade em tempo real, orientação para o serviço e modularização.

Para a análise do impacto das duas tecnologias referidas foi constituída uma amostra de vinte artigos muito citados, utilizando a métrica *h-index*, onde foram aplicados os seis critérios e efetuada uma análise de *clusters* hierárquicos.

As conclusões deste estudo indicam que existe uma clara tendência de utilização de três dos critérios: virtualização, análise em tempo real e orientação para o serviço nas referidas tecnologias. Deste modo, o impacto do *Big Data* e da *Internet of Things* na definição da Indústria 4.0 é maioritariamente constituída por metade dos critérios que definem a quarta revolução industrial.

Palavras-chave:

Indústria 4.0; *Big Data*; *Internet of Things*; IoT; Tecnologia; Mudança tecnológica

Abstract

Technology in the economy, and consequently in organizations, plays an increasingly role. The impact is evident in the fourth industrial revolution and the consequences it has on organizations. In this way, it is considered that its analysis is important.

Industry 4.0 being a set of technologies that are emerging today, being still little studied, these are marked out in a set of characteristics that define them as part of the fourth industrial revolution. Therefore, the present study seeks to analyze, through scientific and research articles, the impacts that Big Data and Internet of Things technologies have on Industry 4.0.

The literature review allowed us to classify six characteristics: interoperability, virtualization, decentralization, real-time capability, service orientation and modularization.

For the analysis of the impact of the two technologies a sample of twenty articles was constituted using the h-index metric where the six criteria were applied and a hierarchical clusters analysis was performed.

The conclusions of this study indicate that there is a clear tendency to use three criteria: virtualization, real-time analysis and service orientation in these technologies. Furthermore, the impact of Big data and Internet of Things on the definition of Industry 4.0 is mostly constituted by half of the criteria that define the fourth industrial revolution.

Keywords:

Industry 4.0; Big data; Internet of Things; IoT; Technology; Technological change

Agradecimentos

Quero agradecer ao meu orientador Professor Doutor José Manuel Dias Lopes por toda a disponibilidade, partilha de conhecimento e todo o acompanhamento que me providenciou durante este percurso.

Quero agradecer à minha querida Sofia por toda a paciência e apoio desde o início pois sem ela não seria possível ter terminado este trabalho. Gostaria igualmente de agradecer aos meus pais que me permitiram chegar até aqui com todo o amor e dedicação que me deram.

Índice	
Resumo	II
Abstract	III
Agradecimentos	IV
Índice	V
1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura	2
2.1 Indústria 4.0	2
2.2 <i>Big Data</i>	4
2.3 <i>Internet Of Things</i>	6
2.4 <i>Big Data e Internet Of Things</i>	9
3. Metodologia	12
4. Análise	13
4.1 Critérios de análise.....	14
4.2 Caracterização da Amostra	16
4.3 Análise de resultados	17
5. Conclusões e Recomendações	24
Referências dos artigos da amostra	27
Referências bibliográficas	30
Anexo	VI

Índice de ilustrações

Tabela 1 - Principais temas abordados na revisão de literatura	11
Tabela 2 - Contabilização de critérios nos diversos artigos da amostra.....	23
Figura 1 - Framework do relacionamento da Big Data e Internet of Things	10
Figura 2 - Ano de publicação dos artigos	17

1. Introdução

O objetivo deste trabalho é analisar o impacto que duas tecnologias – *Big Data* e *Internet of Things* – têm na publicação de artigos académicos acerca a Indústria 4.0.

A pertinência na escolha deste tema deve-se ao facto de que a economia, tal como nós a conhecemos, tem vindo a ser alterada numa relação conjunta com a tecnologia. A economia deixa de ser de escala para ser uma economia de relação entre diversas indústrias através de uma sinergia tecnológica. É neste sentido que as empresas procuram investir na tecnologia, tanto nos bens e serviços, com o objetivo de responder às necessidades existentes, como nos processos internos e externos decorrentes da sua atividade (Zekos, 2014).

Na combinação entre a tecnologia e a economia ocorrem processos de disrupção onde se podem abrir oportunidades e dificuldades. É, assim, necessária uma nova forma de pensar a competição e obter vantagem competitiva (Sebastian, Ross, Beath, Mocker, Moloney, & Fonstad, 2017). Por conseguinte, a estratégia do uso de tecnologia passa a ter um papel cada vez mais central, sendo esta definida como a melhor forma de utilizar os recursos existentes dentro de uma organização (Alqahtani & Alwadain, 2015).

Verificando-se, assim, a importância da Indústria 4.0 é pertinente analisar o impacto constituído por duas das suas tecnologias constituintes – *Big Data* e *Internet of Things* – na produção científica e de investigação utilizando seis critérios resultantes da revisão de literatura.

Os próximos capítulos, relativamente ao estado da arte na temática em estudo, sustentam o objeto em análise. Posteriormente é definida a metodologia utilizada bem como os resultados inerentes à análise da amostra.

2. Revisão de Literatura

2.1 Indústria 4.0

A quarta revolução industrial, denominada por Indústria 4.0, é um conceito que apareceu em 2011 na Alemanha (Santos, Oliveira e Sá, Andrade, Vale Lima, Costa, Costa, & Galvão, 2017) e pode ser visto como o resultado de um processo de revoluções industriais. A primeira revolução foi caracterizada pela utilização da máquina a vapor. A segunda foi definida pelo desenvolvimento da eletrificação que permitiu a produção em massa. A terceira caracterizou-se pela criação dos computadores e pela capacidade de processamento de informação. É através desta última que existe a relação para a quarta revolução industrial, uma vez que são utilizadas as tecnologias de informação de forma a automatizar as diferentes áreas constituintes de uma organização recorrendo a sistemas inteligentes (Bassi, 2017; Jazdi, 2014; Rüttimann & Stöckli, 2016).

Esta quarta revolução industrial é caracterizada, segundo Santos *et al.* (2017), como uma revolução que permitiu relacionar a computação com a automatização inteligente, desviando-se assim das anteriores na medida em que estas possuíam uma relação direta com uma descoberta científica que provocasse uma disrupção na indústria atual vigente (Bassi, 2017).

É possível afirmar que a quarta revolução possui mais do que uma dimensão analítica no que concerne da sua origem, estabelecendo uma importante referência ao poder político que procura criar um sistema onnipotente, integrando diferentes componentes das diversas esferas – sociais, tecnológicas e económicas – expandindo a automatização das fábricas, que ocorreu na terceira revolução industrial, para uma automatização total a nível de produção e com possibilidade de integração a nível computacional (Rüttimann & Stöckli, 2016).

Desta forma, Indústria 4.0 pode ser definido como *“interação de máquinas, sistemas e ativos, organizações que podem criar redes inteligentes ao longo da cadeia de valor controlando os processos de produção de uma forma autónoma. Na estrutura da Indústria 4.0, as organizações terão a capacidade e autonomia para agendar as manutenções, prever as falhas e adaptar-se a novos requisitos e mudanças não planeadas nos processos de produção.”* (Santos et al., 2017, p. 751).

Para definir a Indústria 4.0 Khan, Wu, Xu, e Dou (2017) consideram que devem ser utilizadas seis características: **Interoperabilidade**, uma vez que permite a comunicação entre diversos tipos de tecnologias sendo estas integradas num modelo único; **virtualização**, através da possibilidade de simulação de diversos cenários; **descentralização**, pois permite que os próprios sistemas tomem decisões e atuem sem existir um comando central que efetue essas mesmas decisões; **capacidade em tempo real**, na medida em que permite recolher e analisar informação de forma a detetar problemas e a encontrar soluções o mais rapidamente possível, por vezes de forma automática, sendo também essencial

para a tomada de decisão; **orientação para o serviço**, pois as tecnologias são utilizadas num contexto de arquitetura de orientação para o serviço; e, por fim, a **modularização**, permitindo a sua atualização em módulos isolados.

A importância destas características permite perceber que os sistemas integrados resultantes da Indústria 4.0 são então um combinado de tecnologias, comunicando entre elas, possibilitando a existência de um maior fluxo de dados e informação. Assim, o *Big Data* e a *Internet of Things* tornam-se essenciais na análise destas novas tecnologias que compõem estes tipos de sistemas.

2.2 Big Data

Big Data é um conceito relativamente recente que define um tipo de tecnologia que procura analisar e armazenar grandes quantidades de dados (Nunan & Di Domenico, 2017).

“Com o aumento do uso da internet começou a aumentar também o interesse na exploração da informação gerada por uma sociedade cada vez mais interligada tecnologicamente” (Nunan & Di Domenico, 2017, p. 481). Por conseguinte, a *internet* e as tecnologias que daí advieram foram sendo orientadas para uma alteração na forma de comunicação e relação interpessoal, permitindo uma maior participação da comunidade (Paroutis & Al Saleh, 2009). Esta alteração permitiu que fossem geradas grandes quantidades de dados disponíveis para serem analisados. Desta forma, a quantidade destes dados tem vindo a aumentar exponencialmente (Nunan & Di Domenico, 2017).

Big Data é um conceito que pode ser analisado através de quatro dimensões, conhecidas por quatro v's: volume, variedade, velocidade e veracidade (Kumar, Baesens, Bapna, Marsden, Vanthienen & Zhao, 2016). Witkowski (2017) afirma que o **volume** se refere a uma quantidade do tamanho dos dados superior à capacidade de recolha e tratamento através de tecnologias anteriores. A **variedade** é interposta como uma base do *Big Data* uma vez que os dados recolhidos podem ser provenientes de diversas fontes, sendo que estes são, numa primeira fase, não estruturados. A **velocidade** é destacada através da rapidez com que os dados são gerados através de uma grande multiplicidade de fonte, sendo posteriormente analisados. As constantes mudanças dos dados recolhidos levam a que existam bases de dados e tratamentos em tempo real (Witkowski, 2017). A **veracidade** é, igualmente, uma dimensão importante uma vez que define que os dados contidos numa base de dados devem ser precisos de forma a obter-se resultados igualmente precisos (Wong, Chiang, Choi & Loke, 2016).

Existe também a possibilidade, definida posteriormente, de uma quinta dimensão: **valor** (Kumar, Baesens, Bapna, Marsden, Vanthienen & Zhao, 2016). Esta dimensão é referida como a importância de se conseguir retirar, de uma grande quantidade de dados, a informação desejada (Witkowski, 2017). Considera-se que esta dimensão é a mais importante em qualquer aplicação sustentada pelo *Big Data* (Koseleva & Ropaitte, 2017). Por conseguinte, a dimensão do valor é cada vez mais analisada e com mais relevância. Um exemplo claro da utilização do *Big Data* como uma forma de obter valor é a Google. Esta empresa, nas suas aplicações de correção automática de erros,

vai recolhendo informação sobre o tipo de erros mais comuns que as pessoas cometem ao digitar texto. Desta forma, o *Big Data* permite que o serviço fornecido pela Google, que tem como objetivo a correção de erros e previsão do que o utilizador pretende escrever, seja aperfeiçoado com o passar do tempo e do uso constante (Nunan & Di Domenico, 2017).

2.3 Internet Of Things

Tal como referido anteriormente, a *internet* teve um impacto muito importante na introdução da tecnologia nas diversas esferas da sociedade. Esta introdução teve ainda um maior impacto quando um conjunto de tecnologias baseadas na *internet* foram adaptadas e implementadas em contexto organizacional, proporcionando uma maior comunicação. Deste modo, a *internet* foi, gradualmente, sendo vista como uma forma de obter vantagem competitiva (Paroutis & Al Saleh, 2009).

Com a expansão da *internet* conseguiu-se interligar um conjunto alargado de dispositivos, sistemas e serviços (Kumar, Baesens, Bapna, Marsden, Vanthienen & Zhao, 2017). Durante o seu desenvolvimento, segundo Ibarra-Esquer, González-Navarro, Flores-Rios, Burtseva & Astorga-Vargas (2017), mais duas tecnologias se destacaram: os sistemas informáticos integrados, e a utilização de sensores e atuadores com possibilidade de comunicação sem fios. Os sistemas informáticos integrados destacam-se por cada computador, inserido num sistema, ser uma parte do sistema informático e não o seu todo. Isto permite alterar as escolhas que esses mesmos sistemas fornecem.

Assim, numa primeira fase, a *Internet of Things* foi definida como uma estrutura inteligente com capacidade de interligar objetos e informação utilizando a identificação por rádio frequência (Li & Li, 2017). O objetivo passava por utilizar a identificação por rádio frequência como forma de relacionamento entre os objetos, criando uma identificação única para cada objeto, de forma a ultrapassar os problemas existentes com os códigos de barras. Nesta primeira fase de análise, era conceptualizado que a interligação se fazia unicamente entre objetos sem qualquer tipo de interface ou *software* a mediar a relação. Posteriormente, os computadores foram inseridos nesta análise e na possibilidade de impactar a tecnologia através de sensores e obter informação dos mesmos.

As formas de comunicação foram-se alargando, através das tecnologias de comunicação sem fios, passando pelos serviços *web* até aos serviços *cloud*, sendo estes definidos como um meio de armazenamento e comunicação de dados (Atzori, Iera, & Morabito, 2017).

No seguimento deste percurso conceptual chegamos ao ponto onde atualmente *Internet of Things* é definido como uma rede de dispositivos interligados que possuem tecnologia para recolher e interagir através das componentes internas com o meio externo (Ibarra-Esquer, *et al.*, 2017).

Numa análise conceptual existem três paradigmas para a definição da *Internet of Things*: visão orientada para as coisas; visão orientada para a semântica e visão orientada para a *internet*. A **visão orientada para as coisas** é caracterizada através de que a *Internet of Things* é definida pela forma como os objetos se ligam em rede e de que as suas capacidades de comunicação

proporcionam uma interpretação da informação em rede. Assim, existe uma nova forma de processo de comunicação entre pessoas e objetos. A **visão orientada para a semântica** define-se pela conceptualização como um sistema global que é composto por produtos interligados e que partilham informação. Por fim, a **visão orientada para a internet** é definida como uma expansão da *internet* onde os objetos registam informação de forma de melhorar as suas funções como a localização ou reconhecimento inteligente (Atzori *et al.* 2010; Ibarra-Esquer *et al.*, 2017).

Através destas bases conceptuais, o sistema de *Internet of Things* foi desenvolvido sendo utilizado, entre outras formas, “*não apenas para melhorar processos e procedimentos de processamento de informação, como também de avaliação de conquistas e/ou desempenho.*” (Qu, Thürer, Wang, Wang, Fu, Li, & Huang, 2017, p. 2624).

Para a medição de desempenho é necessário construir um sistema constituído por um conjunto de indicadores e subindicadores de forma a produzir dados necessários. Assim, através dessa análise existe a possibilidade de ter um controlo no momento sobre os diversos objetos em análise e introduzir as modificações necessárias (Hwang *et al.* , 2017) através dos atuadores (Liu, Liu, & Huang, 2017).

Nestes sistemas encontram-se os sensores que são referidos pela sua capacidade de captar e produzir dados, sendo estes disseminados numa rede e que podem ser adaptados a diversas situações. Desta forma, os sensores recolhem informações sobre o meio. Os atuadores, integrados nesse sistemas

inteligente, possuem um objetivo diferente pois atuam sobre o meio após a análise dos dados (Liu et al., 2017).

2.4 *Big Data e Internet Of Things*

A relação entre o *Big Data* e a *Internet of Things* é uma relação bidirecional visto que os aparelhos da *Internet of Things* fornecem dados relevantes para serem analisados. Após analisados, os dados são utilizados como forma de melhoramento dos dispositivos da *Internet of Things*. Isto permite cada vez mais a monitorização e melhoramento contínuo de ambas as tecnologias (Xiao et al., 2017).

Destaca-se, por exemplo, a medição de desempenho, num processo de produção, através de um modelo integrado num sistema *Enterprise Resource Planning*, onde é estabelecido previamente um conjunto de indicadores e subindicadores. Através de dispositivos *Internet of Things* existe a possibilidade de medir esse conjunto de indicadores e subindicadores, produzindo dados, (Hwang et al., 2017) e atuar sobre determinadas condições de forma automática. Portanto, tendo em conta as características da indústria 4.0, existe uma interoperabilidade entre as duas tecnologias uma vez que estão em constante comunicação; a virtualização de situações possíveis e de que forma se deve reagir em cada uma dessas situações; a descentralização, pois o sensor vai fornecer informação ao *Big Data*, que por sua vez vai analisar a informação através de algoritmos e tomar a decisão que será enviada para o atuador; a capacidade em tempo real visto que é possível verificar os dados e ações desta

relação de tecnologias no momento e fazer modificações; a orientação para o serviço pois fornece uma maior informação aos gestores para as suas tomadas de decisão; e, por fim, a modularização na medida em que é possível atualizar apenas uma das tecnologias ou, até, partes de cada uma (Ibarra-Esquer *et al.*, 2017; Khan *et al.*, 2017).

O autor Witkowsk (2017) defende a complementaridade entre as tecnologias como forma de se poderem desenvolver mutuamente contribuindo para a produção de informação essencial para a monitorização e desenvolvimento partindo das características da Indústria 4.0. Assim, tal como a figura 1 demonstra, a relação entre ambas as tecnologias permite construir informação impactando na Indústria 4.0.

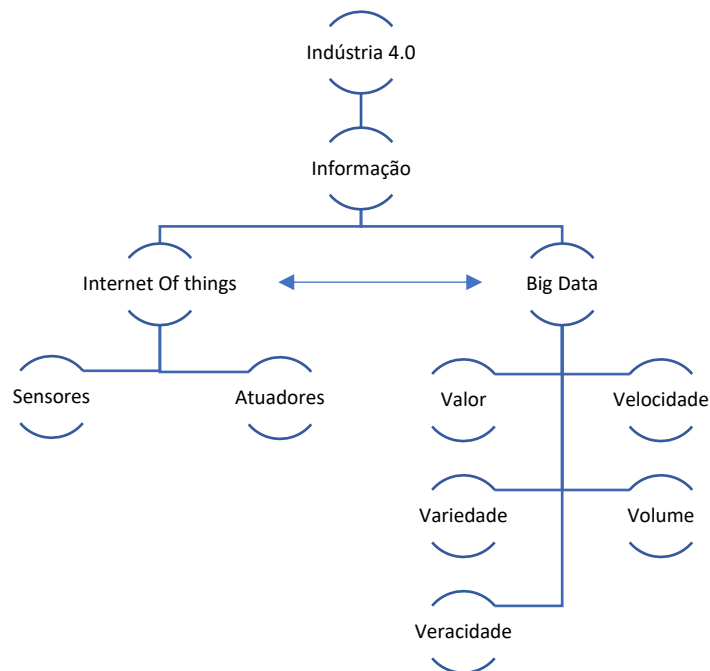


Figura 1 - Framework do relacionamento da *Big Data* e *Internet of Things*

Fonte: Elaboração própria

Tabela 1 - Principais temas abordados na revisão de literatura

Temas Macro	Subtemas	Autor(es)
Indústria 4.0	Definição de Indústria 4.0	(Bassi, 2017; Jazdi, 2014; Rüttimann & Stöckli, 2016; Santos <i>et al.</i> , 2017)
	Importância das tecnologias nas organizações	(Alqahtani & Alwadain, 2015; Sebastian <i>et al.</i> , 2017)
	Princípios da Indústria 4.0	(Khan <i>et al.</i> , 2017)
	Impacto das tecnologias <i>Big Data</i> e <i>Internet of Things</i> nas PME	(Coleman <i>et al.</i> , 2016; Moyne & Iskandar, 2017; Wang <i>et al.</i> , 2018)
<i>Big Data</i>	Definição – Cinco V's	(Kumar <i>et al.</i> , 2016; Witkowski, 2017; Wong <i>et al.</i> , 2016)
<i>Internet of Things</i>	Definição de <i>Internet of Things</i>	(Atzori <i>et al.</i> 2010; De Cremer <i>et al.</i> ; 2017; Ibarra-Esquer <i>et al.</i> s, 2017; Li & Li, 2017)
	Sensores	(Hwang <i>et al.</i> , 2017; Qu <i>et al.</i> , 2017)
	Atuadores	(Liu, Liu, & Huang, 2017)

Fonte: Elaboração própria

3. Metodologia

A revisão de literatura permitiu-nos definir a problemática em causa e levantar a seguinte questão: qual o impacto do *Big Data* e *Internet of Things* na Indústria através dos critérios que a constituem?

Desta forma foi efetuada uma análise, utilizando um conjunto de critérios (Interoperabilidade, Virtualização, Descentralização, Capacidade em Tempo Real, Orientação para o Serviço e Modularização), numa amostra de artigos científicos dentro da temática em causa.

A revisão de literatura levanta a seguinte questão: qual o impacto do *Big Data* e *Internet of Things* na Indústria através dos critérios que a constituem?

Para a elaboração da amostra foi utilizada a métrica *h-index* que permite analisar a produtividade de um investigador. Deste modo, esta métrica calcula o valor da relação do número de artigos publicados e das citações desses mesmos artigos (Bornmann & Daniel, 2007).

Por conseguinte, foram efetuados dois passos para a elaboração da amostra utilizando-se a métrica *h-index*. Em primeiro lugar foi efetuada uma pesquisa na *Web of Science* com os termos “*Industry 4.0*”, “*Internet of things*” e “*Big Data*”. Esta pesquisa teve como retorno 101 documentos, sendo que 46 eram artigos. Destes artigos é definido um *h-index* de 7, resultado da existência de 7 artigos com 7 ou mais citações. Em segundo lugar, utilizou-se o *h-index* de 7 determinado anteriormente para alargar a pesquisa para a base *Scopus*. Nesta fase foram utilizados os mesmos termos de pesquisa. Neste ponto, o resultado

é de 71 artigos onde se efetuou um corte para análise no vigésimo artigo¹ utilizando o *h-index* de 7. Assim, a amostra em análise é constituída por 20 artigos – Anexo I.

Posteriormente foi efetuada uma caracterização da amostra e foram aplicados os critérios definidos resultantes do desenho de pesquisa. Aqui foi efetuada uma análise de *clusters* hierárquicos de forma a verificar as semelhanças e as diferenças nos artigos constituintes da amostra e analisar quais os critérios com maior impacto.

4. Análise

De forma a analisar os resultados obtidos, o presente capítulo está dividido em três secções distintas: critérios de análise, caracterização da amostra e análise de resultados.

O quadro de referência irá definir os critérios utilizados para a definição do estudo do impacto da *Internet of Things* e *Big Data* na Indústria 4.0. De seguida, a caracterização da amostra irá proporcionar uma análise macro dos artigos que constituem essa amostra. Por fim, a análise de resultados constitui uma análise mais detalhada com base nos critérios selecionados no quadro de referências, sendo uma análise de *clusters* hierárquicos.

¹ O vigésimo artigo teve de ser substituído pelo vigésimo primeiro devido a estar redigido em cantonês, impossibilitando assim a sua análise.

(20) Lee, J., Jin, C., Bagheri, B. Cyber physical systems for predictive production systems (2017) *Production Engineering*, 11 (2), pp. 155-165. Cited 7 times.

(21) Preuveneers, D., Ilie-Zudor, E. The intelligent industry of the future: A survey on emerging trends, research challenges and opportunities in Industry 4.0 (2017) *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 9 (3), pp. 287-298. Cited 6 times

4.1 Critérios de análise

Como se verificou na Revisão de Literatura, a Indústria 4.0 é constituída por um conjunto de tecnologias com impacto substantivo nas organizações. Assim, o conjunto dos seis critérios defendidos por Khan *et al.* (2017) serão definidos como critérios de análise da amostra:

Interoperabilidade

O critério da interoperabilidade é utilizado para verificar se existe uma utilização ou análise conjunta e interdependente entre as tecnologias em causa. O termo utilizado para a verificação deste critério foi “interoperability” (interoperabilidade).

Virtualização

A virtualização é a segunda característica definida por Khan *et al.* (2017) que servirá de critério. Com a utilização deste critério são verificadas as referências que o artigo faz para a possibilidade de simulação de cenários utilizando as tecnologias, bem como a previsão de resultados segundo métricas definidas pelos decisores. Os termos utilizados para a verificação deste critério foi “virtualization” (virtualização)” e “simulation” (simulação).

Descentralização

O critério da descentralização, tal como referido na revisão de literatura, é definido como a mudança da tomada de decisão. Assim, as tecnologias passam a ser parte integrante nas decisões uma vez que é transmitida informação necessária para tal. Adicionalmente, as decisões podem ser tomadas

previamente e definidas num contexto pré-estabelecido levando a que a atuação das tecnologias seja automatizada. O termo utilizado para a verificação deste critério foi “decentralization” (descentralização).

Capacidade em tempo real

Este critério verifica se o artigo ao analisar as tecnologias faz referência à possibilidade de obter dados, analisar e tomar decisões em tempo real. Este critério só se verifica se existir a recolha e tratamento de dados. O termo utilizado para a verificação deste critério foi “real-time capacity” (capacidade em tempo real).

Orientação para o serviço

Este critério é definido como a utilização das tecnologias para os serviços. É importante referir que o termo “*service-oriented*” é reduzido no contexto dos artigos. Assim, o critério abrange os termos “*service*” uma vez que a orientação para o serviço não é unicamente referida pelo termo “*service-oriented*”.

Modularização

A modularização é um critério que nos mostra se nos artigos em análise é referida a possibilidade de as tecnologias serem integradas e funcionarem em módulos, levando a que a sua manutenção e atualização possa ser através de módulos isolados. Os termos utilizados para a verificação deste critério foi “modularization” (modularização) e “module” (módulo).

4.2 Caracterização da Amostra

A presente amostra é constituída por 20 artigos (Anexo I) com um total de 886 utilizações de expressões dos critérios, tendo como média 44 utilizações, com máximo de 109 utilizações e mínimo de 2 utilizações por artigo (veja-se a tabela 2).

Verifica-se, igualmente, que os critérios em análise estão presentes, em média, em cerca de 74% dos artigos. O destaque recaí para os critérios Virtualização e Capacidade em Tempo Real uma vez que estão presentes em 90% dos artigos. Contudo, o critério da Descentralização é o menos utilizado, verificando-se que é utilizado em apenas 55% dos artigos.

Se aprofundarmos o espectro de análise da utilização dos critérios, verificamos que os critérios com mais utilização são os da Orientação para o Serviço e Capacidade em Tempo Real com 295 e 195 utilizações respetivamente. No pólo oposto verificam-se os critérios Modularização e Descentralização com 41 e 19 utilizações cada.

Destaca-se, igualmente, que todos os artigos da amostra foram publicados posteriormente a 2015, sendo que 55% foram publicados em 2017, tal como demonstra a figura 2.



Figura 2 - Ano de publicação dos artigos

Fonte: Elaboração Própria

4.3 Análise de resultados

Utilizando o método de similaridade entre grupos, no dendrograma (anexo II) constata-se que existe um grande aglomerado composto por 13 artigos: 3, 8, 10, 1, 15, 14, 16, 17, 20, 2, 6, 13 e 7. Este *cluster* engloba um total de 306 utilizações de critérios, tendo uma média de contagens de critérios de cerca de 23 e uma amplitude de 2 a 42. É imperativo destacar, também, que o critério mais utilizado é o da Virtualização com 129 utilizações. De seguida, o critério da Capacidade em Tempo Real com 82 utilizações e o critério da Orientação para o Serviço com 63. O critério de Descentralização é o menos utilizado, tendo apenas 8 utilizações.

Destaca-se, igualmente, que neste *cluster* 31% dos artigos se focam na aplicação das tecnologias em processos de manufaturação, com ênfase nas

fábricas inteligentes. Os restantes artigos da amostra constituem 3 subgrupos com 15% de peso cada onde são abordados temas como a automatização, aplicações e *software* e, por fim, o conceito Indústria 4.0.

Deste modo, neste *cluster* constata-se uma relação direta entre a Capacidade em Tempo Real e a Virtualização. Esta constatação confirma o que foi verificado na revisão de literatura. A Virtualização permite a construção de diversos cenários onde é crucial a recolha e tratamento de dados. Saliente-se que a recolha de dados, utilizando diversos equipamentos com recurso à tecnologia *Internet of Things*, permite a existência de um tratamento dos mesmos através do *Big Data*.

Assim, é possível ser efetuado um conjunto de ações no momento, tendo sido definidas previamente ou no decorrer da Capacidade em Tempo Real, de tratar e transformar dados em informação.

Isto demonstra, também, que a Interoperabilidade é uma característica relevante nesta análise. Apesar de o seu critério não ser dos mais utilizados, está patente o uso do mesmo, o que demonstra que existe uma relação entre tecnologias interdependentes. Para que exista a Virtualização é necessário a utilização das duas tecnologias de forma a conseguir construir os cenários e, posteriormente, ir adaptando consoante a informação que se vai construindo.

Por fim, destaca-se que 83% dos artigos foram publicados em revistas científicas em que a temática é centrada na engenharia e nas novas tecnologias, o que demonstra o peso relevante, no estudo desta problemática, que estas áreas têm. Comprova-se, assim, que é amplamente estudado, principalmente com os

critérios em questão, nestas áreas académicas e científicas, mas que se torna reduzido quando se procura alargar a outros espectros científicos.

Outro agrupamento do presente estudo é constituído pelos artigos 11, 18, 19, 9 e 12. Neste *cluster* a utilização de critérios é contabilizada em 395, com a média de utilização dos critérios a subir para 79 e possuindo uma amplitude de 69 até 109. O critério mais utilizado é o de Orientação para o Serviço com 200 utilizações enquanto que o menos utilizado é o critério Descentralização com 7 utilizações.

É imperativo referir que este *cluster* é diferenciado dos restantes na medida em que todos os artigos constituintes abordam a temática das tecnologias em contexto de fábricas inteligentes. Deste modo, estas tecnologias são estudadas tendo em conta de que modo podem ser aplicadas e quais os seus impactos através de cenários e futuras implementações.

Destaca-se, ainda, que 67% dos artigos constituintes deste *cluster* são artigos publicados em revistas de engenharia e com 37% de publicações que ocorreram em 2016 e 2018.

Tal como verificado na literatura, a Orientação para o Serviço está dependente da recolha de informação. Por conseguinte, para desenvolver e manter aplicações de serviço, é necessário que exista recolha e tratamento de dados. Isto torna-se importante devido à procura de configurar os serviços cada vez mais autónomos e orientados para determinado objetivo.

Refira-se que a automatização tem um papel cada vez mais central na atualidade na medida em que é muito utilizada no contexto de fábricas inteligentes.

Denota-se, assim, que este subgrupo de artigos se foca na utilização das tecnologias em contexto de fábrica, recorrendo à utilização de *softwares* que permitem a interligação de diversas tecnologias tendo como objetivo a automatização. Desta forma, a orientação para o serviço é importante uma vez que as aplicações são concebidas de forma a padronizar métodos e processos previamente especificados.

Apesar de a descentralização ser um dos critérios menos referidos, a tomada de decisão é relevante visto que utilizando a tecnologia é possível automatizar os serviços descentralizando a tomada de decisão. A sua utilização está condicionada pela importância que é dada nos estudos em questão, sendo que quando existe uma menor relevância na análise leva a que não seja referido. Contudo, e analisando para além da literatura, os artigos em causa afirmam que estas tecnologias permitem uma melhor tomada de decisão. Assim, as tomadas de decisão estratégicas e, principalmente, operacionais levam à otimização dos serviços.

O artigo 4 destaca-se pelo número de utilizações dos critérios com um total de 90 e pelo número elevado do critério de Interoperabilidade (47) e com o critério da Virtualização a situar-se apenas com 1 utilização. Deste modo, leva a que esteja diferenciado do *cluster* anterior.

Isto demonstra a importância da Interoperabilidade. Uma das principais características que definem a Indústria 4.0 é a relação entre as tecnologias. A própria definição de Indústria 4.0 está assente na noção de relação interdependente e bidirecional entre as diversas tecnologias que a constituem

possibilitando, assim, a construção de sistemas cada vez maiores. A definição de um único sistema está dependente da sua arquitetura e finalidade. Por conseguinte, o desenho do sistema permite que sejam definidas quais as tecnologias a usar e como irão comunicar. Isto origina uma mudança quando comparado com a terceira revolução industrial visto que tem impacto na integração dos sistemas sem qualquer tipo de barreira, o que leva a que os sistemas possam trocar dados e informação, originando uma sintetização de processos.

Este artigo, tendo sido publicado em 2017, é um artigo mais abrangente sobre a Indústria 4.0 e o seu impacto. Isto é ainda a mais relevante se tivermos em consideração que foi publicado numa revista em que a temática central é a integração da informação na indústria, sendo por isso tão importante a característica da interoperabilidade.

Por fim, o artigo 5, sendo de 2015, é o artigo que mais se diferencia dos restantes no que diz respeito à utilização dos critérios. Este artigo caracteriza-se por ter sido publicado numa revista com o foco na tecnologia *Big Data*. Apesar de ter um total de 68 utilizações, a diferenciação deve-se a não ter qualquer utilização dos critérios Orientação para o Serviço e Descentralização, sendo que o mais utilizado é o da Virtualização, com 39.

A Virtualização é um critério utilizado com muita relevância na capacidade de ajuda na tomada de decisão. Tal ocorre após a recolha de informação onde é possível colocar diversos cenários e quais as ações a efetuar em cada um deles.

Assim, é possível detalhar de uma forma virtual o processo operacional levando

a que seja adaptado a diferentes circunstâncias. O artigo em causa analisa de uma forma rigorosa o impacto que a Virtualização tem no processo de um sistema de fábrica inteligente. Note-se que aqui são utilizadas as duas tecnologias.

Contudo, conclui-se que o critério da Descentralização, sendo o menos utilizado, está patente de uma forma secundária não tendo impacto diretamente na Indústria 4.0. Tal ocorre devido ao facto de as tecnologias em estudo terem como princípio a alteração da tomada de decisão nas suas diversas esferas. Assim, esta alteração não está a ser incorporada como Descentralização visto que só está a ser utilizada, na amostra, como uma consequência da procura da automatização.

Em suma, os diversos *clusters* demonstram que existe uma relação entre as duas tecnologias em estudo na Indústria 4.0, verificando-se que em todos os artigos existe a utilização das características inerentes à quarta revolução industrial.

Tabela 2 - Contabilização de critérios nos diversos artigos da amostra

Artigo	Interoperabilidade	Virtualização	Descentralização	Capacidade em tempo real	Orientação para o serviço	Modularização	Total
1	0	5	0	10	1	0	16
2	1	31	0	3	3	0	38
3	0	0	1	0	1	0	2
4	47	3	4	3	32	3	92
5	6	64	0	22	0	1	93
6	1	37	0	4	0	0	42
7	1	18	1	14	1	3	38
8	0	1	0	1	2	1	5
9	1	4	0	3	57	5	70
10	1	0	1	3	0	0	5
11	1	11	2	30	28	4	76
12	2	22	2	28	54	1	109
13	0	24	1	0	4	1	30
14	0	3	1	11	11	2	28
15	0	2	0	15	0	0	17
16	6	3	3	14	9	0	35
17	3	3	0	4	11	0	21
18	9	15	2	13	31	1	71
19	5	3	1	14	30	16	69
20	1	2	0	3	20	3	29
Total	85	251	19	195	295	41	886
Presenças	70%	90%	55%	90%	80%	60%	100%

Fonte: Elaboração própria

5. Conclusões e Recomendações

A Indústria 4.0 é constituída por um conjunto diversificado de tecnologias. Dessas tecnologias existem duas que se destacam: *Internet of Things* e *Big Data*.

A análise de artigos académicos e de investigação efetuada, tendo como critérios seis características inerentes à Indústria 4.0: Interoperabilidade, Virtualização, Descentralização, Capacidade em Tempo Real, Orientação para o Serviço e Modularização, permite concluir que estas duas tecnologias têm impacto na Indústria 4.0.

A amostra constituída permite concluir que esta temática é muito recente, uma vez que a maioria dos artigos foram publicados em 2017, e com um especial foco na área das engenharias industriais e informática.

Os resultados da referida análise demonstram que existe um impacto mais acentuado da Capacidade em Tempo Real, da Orientação para o Serviço e da Virtualização.

Sublinhe-se que a *Internet of Things* e o *Big Data* são duas tecnologias que recolhem, analisam e transformam esses dados permitindo que seja possível obter informações no momento com informação válida. Deste modo, com a Virtualização é possível construir diversos cenários e definir, previamente, as ações que são necessárias realizar em cada um dos cenários, sendo possível adaptar, muitas vezes de uma forma instantânea, devido à Capacidade em Tempo Real e tendo muita importância na gestão de aplicações de serviço.

Na análise de *clusters* destacam-se dois *clusters* notoriamente diferenciados, sendo que um deles é amplamente definido pela utilização conjunta da Capacidade em Tempo Real, Virtualização e Orientação para o Serviço enquanto que o outro é definido largamente pela Orientação para o Serviço unicamente.

Por outro lado, conclui-se, igualmente, que os critérios da Descentralização e Modularização são os critérios com menor relevo. Tal ocorre com o critério da Descentralização devido à falta de importância concedida pelos artigos nessa característica porque, apesar de não ser analisada, está patente em diversos artigos de uma forma secundária. A Modularização, por sua vez, é uma das características com menor destaque visto que os artigos em causa se focam na análise das tecnologias e nas suas consequências, deixando que a manutenção, sendo esta essencial para a Modularização, não seja tida em consideração.

Apesar de o critério de Interoperabilidade ser apenas o quarto critério mais utilizado, devemos igualmente destacar que as tecnologias na Indústria 4.0 estão devidamente interligadas entre si estando, por isso, subjacente, de uma forma mais discreta, este mesmo critério em diversos artigos.

É imperativo também destacar que se conclui que existe um subgrupo de publicações referentes às fábricas inteligentes. Isto verifica-se uma vez que existe a necessidade de implementação de diversas tecnologias da Indústria 4.0, com especial destaque para as duas tecnologias aqui em análise, neste contexto organizacional.

Após o estudo efetuado, recomenda-se que seja efetuada uma análise semelhante numa data posterior de forma a verificar as alterações existentes. Considera-se relevante a elaboração da referida análise visto que apenas 3 dos 6 critérios utilizados demonstraram ter impacto. Contudo, sendo esta problemática muito recente, é necessário que seja analisado que alterações existem aos resultados encontrados.

Em suma, o presente trabalho permite concluir que o impacto das duas tecnologias na Indústria 4.0, a nível académico e científico, é maioritariamente definido por três critérios: Virtualização, Capacidade em Tempo Real e Orientação para o Serviço.

Os dados são considerados essenciais, tanto na sua recolha como no seu tratamento, levando a que o *Big Data* e a *Internet of Things* sejam importantes na quarta revolução através da análise em tempo real e da simulação de cenários.

Tendo em consideração o impacto que as tecnologias têm cada vez mais nas organizações, é possível concluir, com o presente estudo, que a Indústria 4.0 é passível de ser analisada de uma forma abrangente e com impactos diversificados. Assim, tanto a nível estratégico como operacional, estes impactos devem ser alvo de análise.

Referências dos artigos da amostra

- Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M., & Yin, B. (2018). Smart Factory of Industry 4.0: Key Technologies, Application Case, and Challenges. *IEEE Access*, 6, 6505-6519.
- Chiang, L., Lu, B. & Castillo, I. (2017). Big data analytics in chemical engineering. *Annual review of chemical and biomolecular engineering*, 8, 63-85.
- Elhoseny, M., Abdelaziz, A., Salama, A. S., Riad, A. M., Muhammad, K., & Sangaiah, A. K. (2018). A hybrid model of Internet of Things and cloud computing to manage big data in health services applications. *Future generation computer systems*, 86, 1383-1394.
- Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., Kim, B., & Do Noh, S. (2016) Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3(1), 111-128.
- Lee, J., Jin, C. & Bagheri, B. (2017). Cyber physical systems for predictive production systems. *Production Engineering*, 11(2), 155-165.
- Li, D., Tang, H., Wang, S. & Liu, C. (2017). A big data enabled load-balancing control for smart manufacturing of Industry 4.0. *Cluster Computing*, 20(2), 1855-1864.
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10.

- O'Donovan, P., Leahy, K., Bruton, K. & O'Sullivan, D. T. J. (2015). An industrial big data pipeline for data-driven analytics maintenance applications in large-scale smart manufacturing facilities. *Journal of Big Data*, 2(1), 25.
- O'Donovan, P., Leahy, K., Bruton, K. & O'Sullivan, D. T. J. (2015). Big data in manufacturing: a systematic mapping study. *Journal of Big Data*, 2(1), 20.
- Pieroni, A., Scarpato, N. & Brilli, M. (2018). Industry 4.0 revolution in autonomous and connected vehicle a non-conventional approach to manage big data. *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, 91(1), 10-18.
- Preuveneers, D., & Ilie-Zudor, E. (2017). The intelligent industry of the future: A survey on emerging trends, research challenges and opportunities in Industry 4.0. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 9(3), 287-298.
- Strange, R. & Zucchella, A. (2017). Industry 4.0, global value chains and international business. *Multinational Business Review*, 25(3), 174-184.
- Tamás, P. & Illés, B. (2016). Process improvement trends for manufacturing systems in industry 4.0. *Academic Journal of Manufacturing Engineering*, 14(4), 119-125.
- Tao, F. & Qi, Q. (2017). New IT driven service-oriented smart manufacturing: framework and characteristics. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*.

- Tao, F. & Zhang, M. (2017). Digital twin shop-floor: a new shop-floor paradigm towards smart manufacturing. *Ieee Access*, 5, 20418-20427.
- Waibela, M., Steenkampa, L., Molokoa, N. & Oosthuizen, G. (2017). Investigating the effects of smart production systems on sustainability elements. *Procedia Manufacturing*, 8, 731-737.
- Wan, J., Yi, M., Li, D., Zhang, C., Wang S., Zhou, K. & Wan, J. (2016). Mobile services for customization manufacturing systems: an example of industry 4.0. *IEEE Access*, 4, 8977-8986.
- Wan, J., Tang, S., Shu, Z., Li, D., Wang, S., Imran, M., & Vasilakos, A. V. (2016). Software-defined industrial internet of things in the context of industry 4.0. *IEEE Sensors Journal*, 16(20), 73737-7380.
- Zheng, P. et al. (2018). Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 1-14.
- Zhong, R., Xu, X., Klotz, E. & Newman, S. (2017). Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. *Engineering*, 3(5), 616-630.

Referências bibliográficas

- Alqahtani, F. H., & Alwadain, A. S. (2015). Strategy as a prerequisite of enterprise WEB 2.0 implementation. *Proceedings - 12th International Conference on Information Technology: New Generations, ITNG 2015*, 736–739.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2017). Understanding the Internet of Things: definition, potentials, and societal role of a fast evolving paradigm. *Ad Hoc Networks*, 56, 122–140.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(14), 2787–2805.
- Bassi, L. (2017). Industry 4.0: Hope, hype or revolution? *RTSI 2017 - IEEE 3rd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry, Conference Proceedings*.
- Bornmann, L. & Daniel, H. (2007). What do we know about the h index?. *Journal of the American Society for Information Science and technology*, 58(9), 1381-1385.
- De Cremer, D., Nguyen, B., & Simkin, L. (2017). The integrity challenge of the Internet-of-Things (IoT): on understanding its dark side. *Journal of Marketing Management*, 33(1–2), 145–158.
- Hwang, G., Lee, J., Park, J., & Chang, T.-W. (2017). Developing performance measurement system for Internet of Things and smart factory environment. *International Journal of Production Research*, 55(9), 2590–2602.

- Ibarra-Esquer, J. E., González-Navarro, F. F., Flores-Rios, B. L., Burtseva, L., & Astorga-Vargas, M. A. (2017). Tracking the evolution of the internet of things concept across different application domains. *Sensors (Switzerland)*, *17*(6), 1–25.
- Jazdi, N. (2014). Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. *2014 IEEE Automation, Quality and Testing, Robotics*, 2–4.
- Khan, M., Wu, X., Xu, X., & Dou, W. (2017). Big data challenges and opportunities in the hype of Industry 4.0. *2017 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, 1–6.
- Koseleva, N., & Ropaitė, G. (2017). Big Data in Building Energy Efficiency: Understanding of Big Data and Main Challenges. *Procedia Engineering*, *172*, 544–549.
- Kumar, A., Baesens, B., Bapna, R., Marsden, J. R., Vanthienen, J., & Zhao, J. L. (2016). Transformational Issues of Big Data and Analytics in Networked Business. *MIS Quarterly*, *40*(4), 807–818. .
- Li, B., & Li, Y. (2017). Internet of Things Drives Supply Chain Innovation: A Research Framework. *International Journal of Organizational Innovation*, *9*(January 2017), 71–93.
- Liu, X., Liu, A., & Huang, C. (2017). Adaptive information dissemination control to provide diffdelay for the internet of things. *Sensors (Switzerland)*, *17*(1).

- Nunan, D., & Di Domenico, M. (2017). Big Data: A Normal Accident Waiting to Happen? *Journal of Business Ethics*, 145(3), 481–491.
- Paroutis, S., & Al Saleh, A. (2009). Determinants of knowledge sharing using Web 2.0 technologies. *Journal of Knowledge Management*, 13(4), 52–63.
- Qu, T., Thürer, M., Wang, J., Wang, Z., Fu, H., Li, C., & Huang, G. Q. (2017). System dynamics analysis for an Internet-of-Things-enabled production logistics system. *International Journal of Production Research*, 55(9), 2622–2649.
- Rüttimann, B. G., & Stöckli, M. T. (2016). Lean and Industry 4.0—Twins, Partners, or Contenders? A Due Clarification Regarding the Supposed Clash of Two Production Systems. *Journal of Service Science and Management*, 9(6), 485–500.
- Santos, M. Y., Oliveira e Sá, J., Andrade, C., Vale Lima, F., Costa, E., Costa, C., Galvão, J. (2017). A Big Data system supporting Bosch Braga Industry 4.0 strategy. *International Journal of Information Management*, 37(6), 750–760.
- Sebastian, I. M., Ross, J. W., Beath, C., Mocker, M., Moloney, K. G., & Fonstad, N. O. (2017). How Big Old Companies Navigate Digital Transformation., 2017(September), 197.
- Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 - Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering*, 182, 763–769.

Wong, H. T., Chiang, V. C. L., Choi, K. S., & Loke, A. Y. (2016). The need for a definition of big data for nursing science: A case study of disaster preparedness. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(10).

Xiao, S., Yu, H., Wu, Y., Peng, Z., & Zhang, Y. (2017). Self-Evolving Trading Strategy Integrating Internet of Things and Big Data. *IEEE Internet of Things Journal*, 4662.

Zekos, G. (2014). *Risk Management and Corporate Governance in 21st Century Digital Economy* (1^a). New York, United States: Nova Science Publishers Inc.

Anexo

Anexo I – Artigos constituintes da amostra

Nº	Artigo
1	A hybrid model of Internet of Things and cloud computing to manage big data in health services applications
2	Cyber physical systems for predictive production systems
3	A big data enabled load-balancing control for smart manufacturing of Industry 4.0
4	Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues
5	An industrial big data pipeline for data-driven analytics maintenance applications in large-scale smart manufacturing facilities
6	Big data in manufacturing: a systematic mapping study
7	Digital Twin Shop-Floor: A New Shop-Floor Paradigm Towards Smart Manufacturing
8	Investigating the effects of Smart Production Systems on sustainability elements
9	Mobile Services for Customization Manufacturing Systems: An Example of Industry 4.0
10	Industry 4.0, global value chains and international business

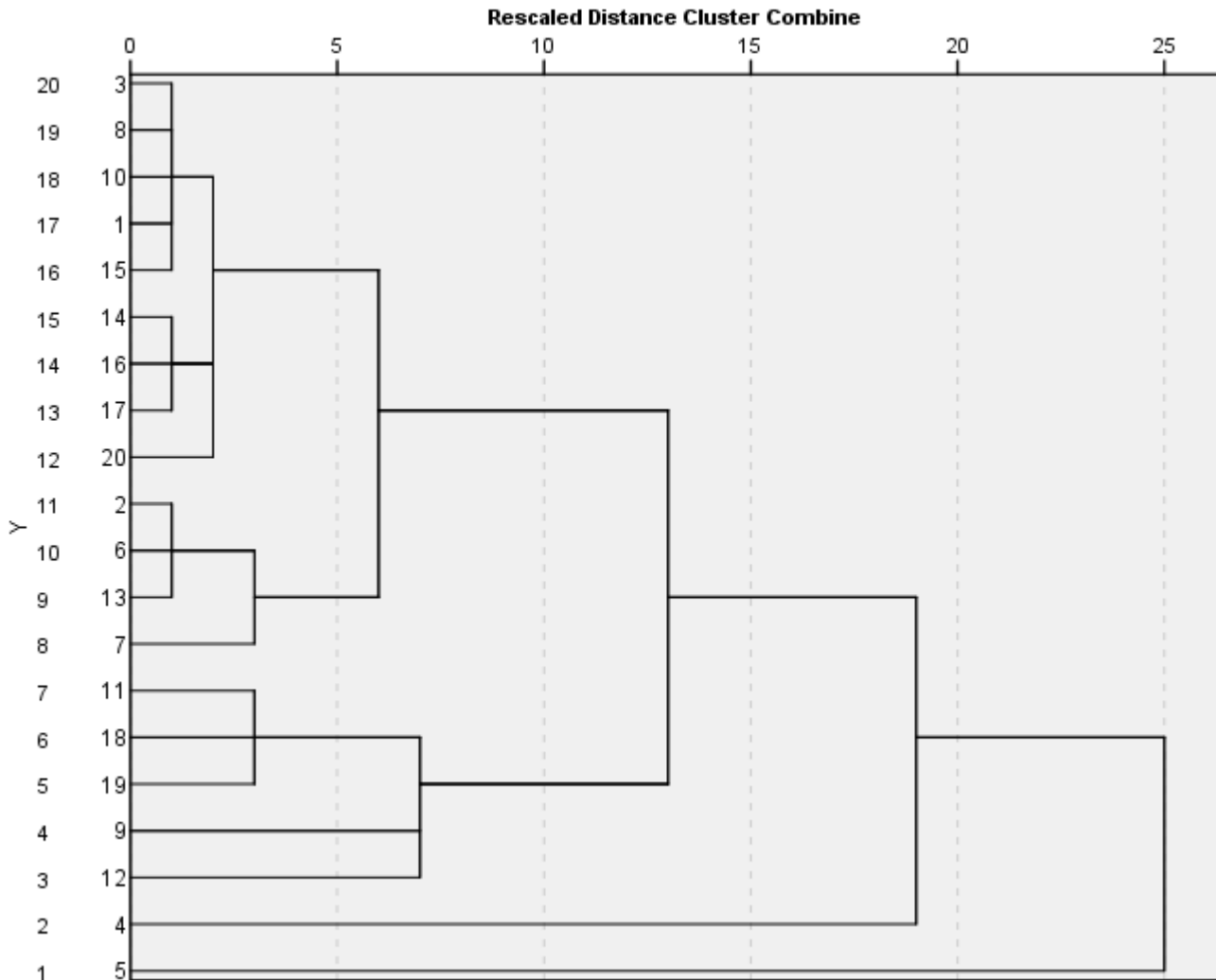
Fonte: Elaboração Própria

Nº	Artigo
11	Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives
12	Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review
13	Process improvement trends for manufacturing systems in industry 4.0
14	Industry 4.0 revolution in autonomous and connected vehicle a non-conventional approach to manage big data
15	Big Data Analytics in Chemical Engineering
16	New IT Driven Service-Oriented Smart Manufacturing: Framework and Characteristics
17	Software-Defined Industrial Internet of Things in the Context of Industry 4.0
18	Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions
19	Smart Factory of Industry 4.0: Key Technologies, Application Case, and Challenges
20	The intelligent industry of the future: A survey on emerging trends, research challenges and opportunities in Industry 4.0

Fonte: Elaboração Própria

Anexo II – Dendrograma da análise de *clusters* hierárquicos

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



Fonte: Elaboração própria