

ANÁLISE DE POSSÍVEIS IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 NA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

ANALYSIS OF THE POSSIBLE IMPACTS OF INDUSTRY 4.0 ON ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY

AZEVEDO, Pollyane Emanuelle Oliveira De¹
AGUIAR JUNIOR, Edisio Alves de²

Resumo: O termo Indústria 4.0 refere-se à quarta revolução industrial, e foi originada de um projeto de estratégia de alta tecnologia do governo alemão, promovendo a informatização das unidades fabris. Esse termo foi utilizado pela primeira vez em 2011 em uma feira de Hannover na Alemanha. Paralelamente a este conceito, como consequência direta de uma política expansionista da indústria, esta cadeia de produção uma vez não tão eficiente, gerou consequências para o meio ambiente, as quais nos dias de hoje, mostram-se extremamente negativas, fazendo-se necessário a adoção de novas medidas, as quais reduzam ao máximo o resíduo gerado pelas indústrias hodiernas, servindo então de reflexo, e motivação para esta pesquisa. A partir disso, a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho foi dividida basicamente em três etapas: análise da problemática, revisão de literatura, e constatação geral da proposta inicial. Sendo assim, a pesquisa tem como objetivo geral consolidar uma análise acerca dos impactos da indústria 4.0 na sustentabilidade ambiental, a partir dos entrelaçamentos e conflitos que se estabelecem entre a logística de produção da indústria e o resíduo produzido e desperdícios existentes, sejam nas formas de lixo palpável ou limitações logísticas provenientes de uma organização arcaica. Além de analisar o impacto da tecnologia oriundo da Indústria 4.0 como principal fio condutor da reestruturação organizacional.

Palavras-chave: Indústria 4.0; sustentabilidade; big data; logística.

Abstract: The term Industry 4.0 refers to the fourth industrial revolution, and it originated from a high-tech strategy project by the German government, promoting the computerization of manufacturing units. This term was first used in 2011 at a Hannover fair in Germany. Parallel to this concept, as a direct consequence of an expansionary policy in the industry, this production chain, once not so efficient, generated consequences for the environment, which today are extremely negative, making it necessary to adoption of new measures, which reduce as much as possible the waste generated by today's industries, thus serving as a reflection and motivation for this research. From this, the methodology used for the development of the work was basically divided into three stages: analysis of the problem, literature review, and general finding of the initial proposal. Therefore, the research has the general objective of consolidating an analysis about the impacts of industry 4.0 on environmental sustainability, based on the interlacing and conflicts that are established between the production logistics of the industry and the waste produced and existing wastes, whether in the forms of palpable rubbish or logistical limitations from an archaic organization. In addition to analyzing the impact of technology from Industry 4.0 as the main driver of organizational restructuring.

Keywords: Industry 4.0; sustainability; Big data. Logistics

¹ Engenharia de Produção – Universidade Santa Ursula – pollyane.azevedo@souusu.com.br

² Doutor em Engenharia Elétrica – COPPE – edisio.aguiar@usu.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Em 2011, na Feira de Hannover (Alemanha), um novo conceito surgiu, como parte da estratégia do governo alemão para o desenvolvimento de alta tecnologia para a manufatura do país. Nasceu assim o termo Indústria 4.0, do alemão “Industrie 4.0” (SUNG 2017). Tal modelo, remetente à quarta revolução industrial, tem reduzido as barreiras entre os sistemas físicos e virtuais, entrelaçando o real e o virtual, pela junção dos sistemas digitais, físicos e biológicos, fomentando a produção em massa (SCHWAB, 2016). Em paralelo a este fato, a dimensão do trabalho mudou com a evolução dos sistemas de produção, por conta do processo de industrialização acelerado. A cada revolução industrial o perfil exigido dos trabalhadores foi se modificando, passando do trabalho manual para o intelectual (AIRES; FREIRE; SOUZA, 2016), o que exigiu que as empresas se atentassem com a formação de seus trabalhadores.

Como consequência direta de uma política expansionista da indústria, as cadeias logísticas, e de produção, uma vez não tão eficientes, geraram consequências para o meio ambiente, as quais nos dias de hoje, mostram-se extremamente negativas. De acordo com Amberger (2010, apud SANCHES; CARVALHO; GOMES, 2018, p.2), em contraponto a todo processo tecnológico, o planeta vive a maior crise de toda a história, como por exemplo, o esgotamento de recursos naturais, antes de seu período de regeneração. Nesse sentido, faz-se primordial realizar uma reflexão acerca da importância de olharmos para a sustentabilidade. Esta se refere ao esforço de minimizar os impactos negativos nas relações ambiental, social e econômica, e se atém às questões de alteração do clima, poluição e utilização dos recursos sem restrição. Desta forma, as inovações trazidas pela indústria 4.0 serão os pilares da sustentabilidade.

O objetivo deste trabalho é analisar os impactos positivos, e a importância da indústria 4.0. A metodologia utilizada neste estudo foi a pesquisa bibliográfica exploratória, desenvolvida a partir dos impactos causados com a implantação das tecnologias da Indústria 4.0 na questão da sustentabilidade, um assunto de preocupação e discussão mundial.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi a revisão sistemática da literatura, a qual busca avaliar e pontuar as principais pesquisas realizadas fornecendo ao pesquisador dados necessários para reunir informações pertinentes ao tema de acordo com o objetivo pretendido.

Deste modo, para a elaboração desta pesquisa, a metodologia foi dividida em três partes: análise da problemática, revisão de literatura, e constatação geral da proposta inicial. Dado o cenário ambiental em que o mundo encontra-se atualmente, foi traçada uma linha sobre quais

os possíveis fatores corroboram para tal, mediante a isso constatamos o primeiro elo condutor deste trabalho: A relação superficial das problemáticas ambientais fomentadas pelas indústrias.

Em seguida, dado os parâmetros iniciais acerca do assunto, a revisão de literatura deu-se por buscas primeiramente relacionadas à Indústria 4.0, e posteriormente, qual poderia ser seu elo com a sustentabilidade, chegando assim na ferramenta Big Data.

Por fim, a pesquisa tem como objetivo geral consolidar uma análise acerca dos impactos da indústria 4.0 na sustentabilidade a, a partir dos entrelaçamentos e conflitos que se estabelecem entre a logística de produção da indústria e o resíduo produzido e desperdícios existentes, sejam nas formas de lixo palpável ou limitações logísticas provenientes de uma organização arcaica. Além de analisar o impacto da tecnologia oriundo da Indústria 4.0 como principal fio condutor da reestruturação organizacional.

A pesquisa bibliográfica foi realizada com auxílio da ferramenta google acadêmico, utilizando como palavras-chave Indústria 4.0 e sustentabilidade, tendo retornado um total de 15900 resultados. Destes 15900, 15800 foram eliminados por não agregarem informações suficientes para pesquisa, ou não estarem no escopo deste trabalho.

Ao final, foram selecionados para leitura 13 trabalhos, a saber: A inovação aliada a sustentabilidade, The reference architectural model industrie 4.0; A contribuição da indústria 4.0 na gestão visual; A indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da engenharia; Indústria 4.0; A quarta revolução industrial; As revoluções industriais até a indústria 4.0; Indústria 4.0 - impactos da tecnologia da informação na nova indústria; Simulação como tecnologia habilitadora da indústria 4.0; Uma revisão da literatura; Indústria 4.0: adoção de tecnologias como fator de competitividade; indústria 4.0; Adoção de tecnologias como fator de competitividade; O impacto do big data e internet of things; Proposta de ferramenta para relacionar os princípios da gestão da qualidade aos pilares da indústria 4.0; A influência da indústria 4.0 na área da qualidade; Revisão sobre a qualidade de big data no contexto da indústria 4.0; Principais inovações tecnológicas da indústria 4.0 e suas aplicações e implicações na manufatura e um estudo sobre a importância da tecnologia big data e perspectivas futuras de sua aplicação na indústria.

3. DESENVOLVIMENTO

Embora conceitualmente a quarta revolução industrial estimule a reindustrialização e a disputa industrial, ela tem como principais objetivos: redução do tempo de produção, a eficiência energética dos recursos, bem como o aumento da produtividade.

Neste sentido, a Indústria 4.0 é uma nova configuração do sistema de manufatura e está baseado na tecnologia e na ligação entre as dimensões físicas e as configurações virtuais, denominadas como “ciberespaço”, e essa ligação se torna possível com a utilização dos sistemas CPS (Cyber-Physical Systems) atrelados a ferramentas-chave como o big data de forma a tornar as linhas de produção mais eficientes e ágeis. Como ilustrado na figura 1.

Figura 1 - Ind. 4.0 e suas tecnologias



Fonte: Cargo X (2018).

Além disto, a ferramenta do big data também auxilia na orientação de serviços, na tomada de decisões mais seguras dos sistemas ciber físicos, modularidade, interoperabilidade e virtualização do sistema de produção. A produção em um sistema ciber físico depende de uma rede que interligue a tecnologia da informação, os componentes mecânicos e eletrônicos das máquinas, pois as informações geradas nesta rede, são capazes de criar mudanças na atuação das empresas (RIBEIRO, 2017).

Em relação a tecnologia de sistemas cyber-físicos, as mudanças da indústria vem sendo realizadas através da integração de sistemas de maneira vertical, que permite uma visão global do funcionamento da empresa, e de maneira horizontal, que acompanha o ciclo de vida do produto, trazendo benefícios como redução de energia e do tempo de produção e logística, e também o aumento da qualidade dos produtos (STOCK, SELIER, 2016).

4. PILARES DA INDÚSTRIA 4.0

A Indústria 4.0 é fundamentada a partir de nove pilares tecnológicos conforme ilustra a figura 2, que são Robótica autônoma; Simulação; Integração de sistemas; Internet das coisas; Cibersegurança; Computação em nuvem; Manufatura aditiva; Realidade aumentada e Big data. Esses avanços unem os mundos digital e físico, e tornam possíveis os sistemas autônomos e

inteligentes. Na atualidade, algumas empresas já estão usando algumas dessas tecnologias inovadoras, mas a implementação completa da Indústria 4.0 vem na frente quando usadas em conjunto.

Figura 2 - Pilares da Indústria 4.0



Fonte: Lermensys (2021).

4.1 Robótica autônoma

Os robôs industriais, como ilustrado na figura 3, foram desenvolvidos com a finalidade de executarem tarefas repetitivas, as quais que exigem maior sensibilidade e força, as primeiras gerações destas máquinas apresentam programação fixa e executam somente o que foi previamente definido, de modo que para qualquer alteração no processo, faz-se necessário uma interrupção para reprogramação (ROMANO; DUTRA).

A robótica autônoma inspira uma nova geração de robôs capazes de sentir o ambiente em sua volta e operar por longas horas sem a supervisão direta de humanos. Estes equipamentos poderão aprender novas funções e se auto programarem o que permitirá o seu uso em processos de produção flexível (GARCIA, 2016).

A evolução dos sistemas autônomos trará benefícios para a indústria 4.0. Pois contribuirá para diminuição dos custos relacionados a mão de obra e possibilitará uma fabricação mais flexível, com produtos customizados e em lotes sob medida (BARROS, 2016).

Figura 3 - Robô autônomo, na indústria



Fonte: Nobbot, (2019)

4.2 Simulação

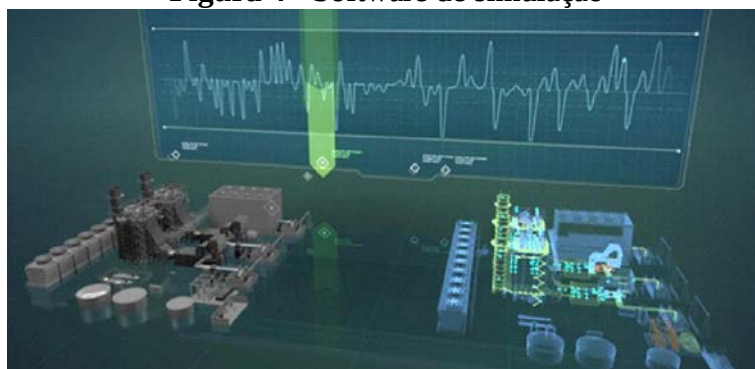
A simulação é uma técnica que utiliza a modelagem baseada em um sistema computacional para criar um programa, que representa o todo ou uma parte de um processo. Essa simulação permite a análise prévia de todas as etapas e facilita a visualização de erros, custo-benefício e tempo.

Dentro desta lógica, as tecnologias de virtualização estão se mostrando ferramentas importantes para o chão de fábrica ao permitirem a criação de cópias fiéis das linhas de produção, possibilitando testar configurações de maquinário e medir os resultados antes de implementar qualquer alteração no ambiente real.

Em uma fábrica virtual podem ser simuladas todas as etapas do processo relacionadas a uma linha de montagem. Isso possibilita melhorias na qualidade ou na criação de novos produtos.

Este ambiente permite simular operações e movimentos dos operadores para prevenir futuros problemas ergonômicos, além da otimização do processo logístico. (FIGUEREDO, 2012).

Figura 4 - Software de simulação



fonte: Excelência Operacional, (2018).

4.3 Integração de sistemas

A integração de sistemas, ilustrada na figura 5, é a unificação dos sistemas de gerenciamento e controle de modo a conectar diretamente o chão de fábrica com nível corporativo. Com esta junção pretende-se aumentar a competitividade, reduzir custos e aumentar a flexibilização da produção. Esta integração geral dos sistemas não se limita a um único espaço físico, mas sim a cadeias logísticas, fornecedores, fabricantes e consumidores, gerando possibilidades de abertura de novos negócios, melhoria e desenvolvimento de novos produtos.

A integração de sistemas consegue oferecer possibilidades para os negócios, entretanto ainda há um longo caminho a seguir até que venha se tornar plenamente funcional de modo a garantir a Indústria 4.0 obter o sucesso esperado. O ponto chave é fazer com que sistemas diferentes tenham conexão entre si, e isso passa pela padronização e adoção de um protocolo único de comunicação. O que se observa hoje é que cada fabricante utiliza protocolos e arquitetura de comunicação distintos, o que dificulta a intercomunicação entre sistemas.

Figura 5 - Conectividade dos sistemas



fonte: Indústria 4.0, (2019)

4.4 Internet das coisas

A internet das coisas, ilustrada na figura 6, tem como propósito, fazer a conexão de objetos à rede mundial de computadores, estabelecendo a união das redes dos humanos com as diversas redes de objetos (EVANS, 2011). Deste modo, em outras palavras, a internet das coisas é definida como uma rede de objetos físicos, como por exemplo, eletrodomésticos, celulares, carros ou prédios, capazes de reunir e transmitir dados.

A internet das coisas proporcionará uma mudança no consumo e nos meios de produção, criando tendências e estimulando o desenvolvimento de novos negócios para suprir a demanda por objetos inteligentes concebidos para auxiliar nas tarefas do dia a dia.

Figura 6 - Internet das Coisas



Fonte: Blob, (2021).

4.5 Cibersegurança

A indústria 4.0 criará um cenário onde haverá conexão entre vários setores do processo produtivo. Valendo ressaltar que estas interligações serão fundamentais para garantir o gerenciamento e o acompanhamento da performance de produtos durante seu ciclo de vida. Entretanto neste cenário pode apresentar risco caso haja uma violação deste sistema de comunicação.

Sistemas de controle industrial podem ser encontrados em plantas de manufatura até complexos sistemas nucleares de geração de energia. De modo que uma invasão a estes sistemas pode acarretar em perdas econômicas ou colocar vidas humanas em risco.

A cibersegurança, ilustrada na figura 7, destina-se a proteger redes industriais, computadores ou sistemas de comunicação de acessos não autorizados que podem comprometer a atividade econômica de empresas. Combater invasões requer esforços constantes devido a evolução e aprimoramento dos ataques cibernéticos.

Figura 7 - Cibersegurança



Fonte: Draft, (2018).

4.6 Computação em nuvem

Computação nas nuvens, ilustrada na figura 8, refere-se à possibilidade de acesso a serviços de TI através de uma conexão à internet. Com esta tecnologia precisa-se apenas de um browser no dispositivo (computador, tablete ou smartphone) e desta forma pode ter acesso a seus arquivos ou aplicativos de qualquer lugar (MICROSOFT, 2016).

Empresas estão utilizando a computação nas nuvens para reduzir os seus custos com aquisição de servidores e licenças de software. Elas deixam de gastar seus recursos com administração de uma central de dados, para ficarem apenas nas atividades diretamente relacionadas com os seus negócios.

As indústrias do futuro estão aderindo às ferramentas de computação em nuvem para melhorar o gerenciamento dos seus processos através de um ambiente colaborativo, incentivando o compartilhamento de informações e reutilização de código fonte. Nestes ambientes permite-se a criação, simulação e teste de novos produtos.

Figura 8 - Computação em nuvem



Fonte: Data Rain, (2021)

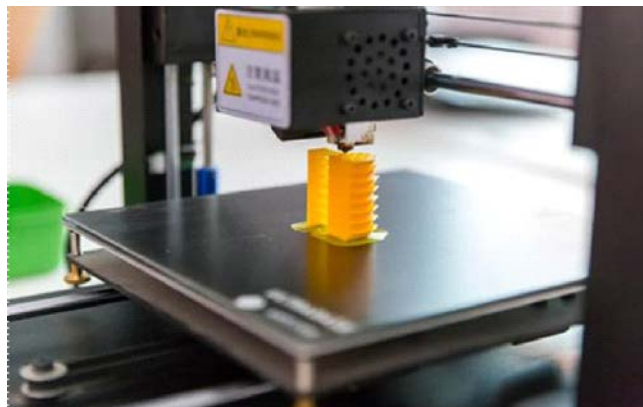
4.7 Manufatura aditiva

A manufatura aditiva, ilustrada na figura 9, conhecida por impressão 3D, consiste na fabricação de peças 3D através da adição de camadas de material. Este modo de fabricação permite criar peças com design complexo e com tamanhos minúsculos. A manufatura aditiva possibilita a exploração de novas oportunidades de negócios oferecendo produtos customizados a preços reduzidos. Com isso cria-se a possibilidade de atender um novo público de consumidores interessados em produtos feitos em lotes reduzidos e com baixo custo.

As aplicações para este tipo de fabricação são as mais diversas possíveis, pode ser utilizada para criar desde peças de decoração até próteses cirúrgicas. A manufatura aditiva reduz

o desperdício de material uma vez que usa somente o necessário, diferente dos processos tradicionais de usinagem.

Figura 9 - Impressão modelo aditivo



Fonte: Indústria 4.0, (2018).

4.8 Realidade aumentada

A Realidade Aumentada (RA) está presente na Figura 10. É uma tecnologia que permite sobrepor elementos virtuais à nossa visão da realidade, por meio da integração do ambiente real e virtual em tempo real, através de recursos tecnológicos, ou seja, através da utilização de um computador com câmera, que executa um programa, proporcionando a exibição de imagens virtuais no ambiente real.

A principal característica da RA é a utilização e apresentação de objetos virtuais em situações reais. A realidade aumentada pode ser utilizada na capacitação em treinamento e supervisão de equipes de trabalho. Através dela, princípios de funcionamento de máquinas complexas poderão ser compreendidos, e também comportamentos fora do padrão serão mais facilmente localizados.

Figura 10 - Software de realidade aumentada



Fonte: Ux Collective, (2020)

4.9 Big Data

Big Data, conceito ilustrado na figura 11, é um termo utilizado para referenciar ao armazenamento de todas as informações que necessitam ser registradas na organização, permitindo que os mesmos sejam analisados posteriormente ou em tempo real caso seja necessário. No caso da Indústria 4.0 a análise de dados é primordial para o processo, visto que as tomadas de decisão podem ser desde as mais simples ou mais complexas, como por exemplo a parada de uma linha de produção (DUJIN, e GEISSLER, 2014).

Quanto à sua classificação, esta é dada por quatro importantes aspectos sendo eles: veracidade, variedade, volume e velocidade. A veracidade se refere a quão verdadeira é a informação. A variedade se refere ao formato dos dados computados, a velocidade ilustra a rapidez com que as informações podem ser encontradas e por fim, o volume é a quantidade de dados para serem analisados ao longo do tempo na organização. (VIDAL, 2012).

Figura 11 - Big data

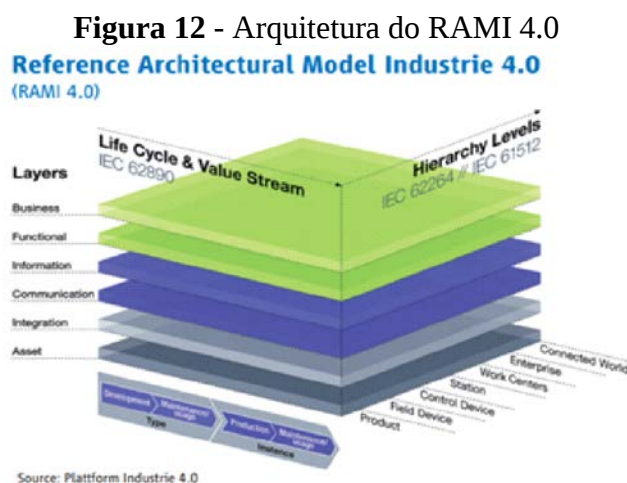


Fonte: Apasshow, (2019).

5. A INDÚSTRIA 4.0 E A INTERDEPENDÊNCIA DE DADOS

Investir na qualidade da coleta e análise de dados na indústria, que hoje é cercada das mais variadas tecnologias, mostra-se cada vez mais fundamental. Principalmente com o avanço da Indústria 4.0, hoje temos sistemas de banco de dados cada vez mais complexos e que permitem consultar, inserir e alterá-los para que se transformem em informações para uma logística. Como consequência, temos o resultado prático deste conceito é que, hoje em dia, existe uma massa gigantesca de dados, com diversas origens e significados partindo desde registro de dados de sensores, até dados numéricos bancários.(A voz da Indústria, 2021). Deste

modo, não vem a ser diferente com as ferramentas bases, da Indústria 4.0, uma vez como analisado nos nove tópicos acima, de uma forma geral, o avanço tecnológico deste modelo de indústria, permitiu que robôs e sistemas cumprissem atividades mais e mais complexas, chegando a tomar decisões de forma autônoma. O embasamento dessa autonomia são algoritmos e softwares avançados, os quais o desenvolvimento proporcionou processar um grande volume de dados de uma forma rápida, ágil e eficiente, como proposto por exemplo com a principal ferramenta de gerenciamento de dados, o Big Data. Em segundo plano, temos abaixo, como outro pilar para a constatar a importância da análise e o tratamento de dados, um modelo de visualização dos processos logísticos: Modelo RAMI 4.0, conforme a figura 12.



Fonte: Researchgate, (2016)

RAMI 4.0 é uma sigla para: Reference Architectural Model for Industrie 4.0, em português: Modelo de Referência para Arquitetura da Indústria 4.0. Deste modo, o RAMI 4.0, é um modelo de camadas tridimensionais, para aplicações de soluções de conectividade para projetos da Indústria 4.0, criando assim, todo um ecossistema cibernético de toda a cadeia produtiva.

Como observado na figura acima, a tridimensionalidade das camadas do modelo RAMI, dá-se pelos três eixos: “Eixo: níveis de hierarquia”, “Eixo: ciclo de vida e fluxo de valor” e “Eixo: camadas”. Dentro desses três eixos, todos aspectos de extrema importância, e cruciais da Indústria 4.0, podem ser mapeados, de modo a permitir objetos como máquinas, serem classificados de acordo com o modelo. Assim, logísticas de produção altamente complexas e flexíveis podem ser destrinchadas e implementadas por meio do RAMI 4.0, juntamente com o Big Data para todo o tratamento destes dados.

5.1 Níveis de hierarquia

O eixo de Hierarquia, vem a definir o modelo de interconexão de todos os elementos existentes na produção, incluindo desde informações, pessoas até máquinas. Baseado no padrão internacional para integração de sistemas de controle, a IEC 62264, este eixo representa as diferentes funcionalidades dentro das fábricas ou instalações. Com a finalidade de se adequar a Indústria 4.0, tais funcionalidades foram expandidas para incluir desde os elementos de trabalho, rotulados como “Produto”, até interligar-se com a Internet das Coisas e Serviços, rotulada como “Mundo Conectado”.

5.2 Ciclo de vida e fluxo de valor

O eixo ciclo de vida e fluxo de valor, vem a definir o período de vida do produto, caminhando desde a pesquisa e desenvolvimento, até a sua assistência técnica. Baseado no padrão internacional para gerenciamento do Ciclo de Vida para Produtos e Sistemas, a IEC 62890, este eixo é responsável pela diferenciação entre “tipo” e “instância”, sendo a instância a fase a qual o produto de fato está sendo fabricado.

5.3 Camadas

Por fim, o eixo camada, promove a verticalização das informações e interfaces do modelo RAMI 4.0, de modo que as seis camadas descritas, têm por função decompor uma máquina em suas propriedades, ou seja, mapear virtualmente uma máquina. Tais representações se originam da Tecnologia da Informação e Comunicação.

6. COLAPSO AMBIENTAL E A SUSTENTABILIDADE

No cenário contemporâneo, a crise ambiental, e as discussões relacionadas, vem tomando proporções de nível mundial. A crise é um somatório de ações, que representa a busca humana desesperada por desenvolvimento. São diversos problemas que foram surgindo com o decorrer do tempo, sendo difícil distinguir qual seria o mais grave, sendo que um problema interfere no outro de forma direta e indireta.

A sociedade vive em um mundo superlotado, “nós vivemos num planeta em que, em menos de 200 anos, saltamos de 1,5 bilhão de pessoas para 6,5 bilhões. Em 40 anos, devemos ser 9 bilhões na Terra. Precisamos entender que não estamos enfrentando um problema

pequeno, como escassez de petróleo: viveremos o fenômeno de que tudo será escasso” (AMBERGER et al., 2010).

A Sustentabilidade é um conjunto de ações realizadas por pessoas que visam atender as necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações, portanto podemos imaginar que o desenvolvimento econômico está ligado diretamente com o termo, pois é preciso desenvolver economicamente, mas sem agredir o meio ambiente.

Para Preussler et al. (2015), os instrumentos tecnológicos necessitam estar alinhados com o custo para manter o funcionamento e sem agredir o meio ambiente. É a partir daí que surge o conceito TI Verde, portanto as empresas precisam se desenvolver tecnologicamente, mas sem agredir o meio ambiente adotando práticas sustentáveis como: redução do consumo de papel nas empresas, descarte correto do lixo eletrônico, virtualização dos servidores, com a finalidade de reduzir o consumo de energia, aumento do uso da computação em nuvem e a reciclagem do lixo eletrônico.

De acordo com Elkington (1997), o tripé da sustentabilidade, é uma das consequências da confluência entre as áreas: social, econômica e ambiental, conforme visto na figura 13.

Figura 13 -Tripé da Sustentabilidade



Fonte: ELKINGTON (1997)

Analisando a figura acima, podemos definir que é impossível haver desenvolvimento sustentável com a interseção de apenas dois fatores. Deste modo, percebe-se que a adoção de ações de sustentabilidade, garante a médio e longo prazo retorno financeiro, como consequência da maior eficiência do processo logístico e de produção, fundamentada na redução de custos, conservação de energia e recursos, consumo de energia renovável, criação de normas e condições no trabalho, responsabilidade social nos produtos e serviços, minimização de embalagens e redução de emissão de carbono.

7. INDÚSTRIA 4.0 E A SUSTENTABILIDADE

Além da otimização da linha de produção, pelo uso da matéria-prima proporcionada pela manufatura aditiva, a produção mais eficiente e sob demanda proporcionada pelas demais tecnologias envolvidas no processo, a indústria 4.0 cumpre o seu papel na sustentabilidade com contribuições econômicas, ambientais e sociais em toda sua cadeia de valor, como mostra a tabela 1.

Tabela 1 - Exemplos de impacto da indústria 4.0 na sustentabilidade

(a)	Aumento médio de eficiência dos recursos de 3,3 % a.a. em todos os setores da Indústria (PWC, 2015)	Eficiência na utilização de recursos
(b)	A produção de peças sobressalentes, usando impressão 3D, reduz as práticas logísticas e o impacto ambiental através da economia de energia e dos combustíveis utilizados para o transporte e distribuição das peças e economia de material (Gerlitz, 2015)	Economia de combustíveis e recursos em geral
(c)	O desempenho da eficiência social é sustentado pela geração e exploração de serviços, tais como: digitalização e inovação aberta em casos de integração de design em processos de desenvolvimento (Gerlitz, 2015)	Desempenho da eficiência e igualdade social, trabalho etc.
(d)	O design como ferramenta e processo pode agilizar o desempenho das cadeias de fornecimento e de valor, reduzir as interações logísticas e tornar as atividades adicionais redundantes, com implicações positivas para o ambiente, garantindo ao mesmo tempo a eficiência social e ambiental de uma empresa (Gerlitz, 2015)	Interação logística e eficiência social e ambiental
(e)	A I.4.0 irá direcionar e resolver alguns desafios mundiais atuais, tais como, recursos e eficiência energética, produção urbana e mudança demográfica (Kagermann et al, 2013)	Recursos e eficiência energética, produção urbana e mudança no hábito da população, tais como menos lixo e mais reciclagem
(f)	A I.4.0 permite que o trabalho seja organizado de tal forma que considere as mudanças demográficas e fatores sociais. Sistemas de assistência inteligentes da I.4.0 liberarão os trabalhadores de executarem tarefas rotineiras, permitindo-os focar em atividades criativas e de valor agregado (Kagermann et al, 2013)	Emprego e qualidade do trabalho

Fonte: PALMA et al (2017).

Em consonância com a tabela acima, pode-se reiterar também que, segundo Elkington (1997), o desenvolvimento sustentável do tripé da Sustentabilidade ou Triple Bottom Line, de fato, é o resultado da confluência entre as áreas: social, econômica e ambiental.

Tratando-se do escopo desta revisão de literatura, a partir da tabela acima, a respeito do elo entre a indústria 4.0 e a sustentabilidade ambiental, podemos tratar os seguintes tópicos: Impactos técnicos, e os impactos ambientais dos sistemas de produção inteligentes.

Segundo Waibel et.al (2017), as linhas de produção tradicionais consistem em uma única linha, a qual fabrica um único tipo de produto. Há uma correia transportadora de malha aberta com extremidades de entrada e saída e as máquinas funcionam ao longo da linha.

Na maior parte dos casos não há comunicação entre as máquinas da linha de produção. Por outro lado, com a inserção das ferramentas da Indústria 4.0, o objetivo da fábrica moderna, é processar vários tipos de produtos simultaneamente com maior eficiência. A correia

transportadora é um circuito fechado que apoia as diferentes rotas de produção pelo chão da fábrica.

Em sistemas de produção inteligentes, há uma conexão entre as máquinas, sistemas de informação, produtos e pessoas por meio de um sistema de rede de alta velocidade.

Deste modo, em termos técnicos, por meio da análise de big data a manutenção tende a ser mais fácil e economicamente sustentável. Pessoas de todo o mundo podem trabalhar juntas para realizar trabalho de reparo, já que indivíduos e máquinas podem se comunicar por meio da nuvem. Segundo Waibel et.al (2017), existem funções de controle responsáveis pela distribuição de entidades inteligentes que possuem a capacidade de se organizar para lidar com a dinâmica do sistema. Nos sistemas convencionais de produção, a reconfiguração das máquinas é feita manualmente. No entanto, produção atrelada a Indústria 4.0 os sistemas podem ser reconfigurados automaticamente para fabricar vários produtos, possibilitando assim, o barateamento dos custos, e redução do desperdício dos materiais envolvidos na produção, por falta de comunicação e dados.

Por conta de uma logística inteligente proveniente da modelagem da Indústria 4.0, todo o processo de fabricação, e os sistemas de produção inteligentes reduzem o desperdício, super produção e consumo de energia. De acordo com Waibel et.al (2017), a logística na fábrica inteligente usa o princípio pull, o que significa que matéria-prima ou material de produção semi-acabado é solicitado sob demanda. O sistema de produção da empresa de manufatura faz o pedido do material ou das peças automaticamente de seus fornecedores, quando necessário. Em tempos de baixo índice de movimentação do mercado, menos matéria-prima é encomendada, corroborando com uma política mais sustentável tanto para a empresa, como para o meio ambiente.

8. BIG DATA E A INDÚSTRIA 4.0

É importante ressaltar que a indústria 4.0 processa os dados que são relevantes, com a intenção de utilizar os mesmos em forma de conhecimento para a tomada de decisão inteligente e eficiente, para agregar ainda mais valor nos processos. Mediante esta lógica, é primordial ter em mente que todas ferramentas advindas da Indústria 4.0 aplicadas em conjunto, são de suma importância para que seja possível proporcionar mudanças significativas nos meios de produção.

Em segundo plano, temos que pela natureza extremamente tecnológica, a qual todas as nove ferramentas estão inseridas, vemos uma grande necessidade de gerenciamento de dados,

seja em volume, velocidade de processamento, e variedade de dados, Deste modo, é razoável admitir que uma das bases mais sólidas da Indústria 4.0 são os dados, uma vez que todos os nove alicerces necessitam dos mesmos para funcionarem. Com este preâmbulo do cenário industrial hodierno, o Big Data vêm se mostrando cada vez mais como uma das ferramentas de maior importância para construção de um modelo organizacional, como visto no modelo RAMI 4.0.

Portanto, haja vista que a ferramenta Big Data proporciona maior inteligência organizacional, mediante sua ampla aplicabilidade, é plausível inferir que por meio de sua instauração no modelo logístico de uma empresa, conseguimos corroborar para uma lógica sustentável, seja pela redução direta de lixos, e descartes em excesso por conta de um não aproveitamento do gerenciamento de dados, seja pela redução de lixo eletrônico, como podemos analisar em um exemplo abaixo:

“O grupo varejista Pão de Açúcar conta com um sistema de relacionamento com o cliente focado em fidelização de seu público externo. O Clube Extra, nome dado a esse sistema, visa não só a aproximação dos clientes como também de fornecedores. De forma resumida, o cliente se cadastra no programa Cliente Mais da rede de supermercados, onde ele pode acumular pontos através de compras online ou nas lojas físicas. Os dados obtidos através dessa plataforma são analisados para relacionar os clientes com suas marcas ou produtos favoritos ou mais consumidos.”

Do ponto de vista administrativo, esse tipo de solução de Big Data serve também para otimizar o nível de estoque, já que a empresa saberá antecipadamente quanto se deve comprar de determinado item, considerando os custos de manter esse estoque, ou o prejuízo que acarretará caso o mesmo falte nas prateleiras.

9. CONCLUSÃO

O objetivo do trabalho foi o levantamento de informações e pesquisas as quais pudessem relacionar a indústria 4.0 com a sustentabilidade ambiental. Com base nisso, destacada a ferramenta Big Data, conseguiu exemplificar sua veracidade e aplicabilidade.

Portanto, mediante a uma lógica de sistematização arcaica da linha de produção, é necessário, de fato, uma reestruturação do gerenciamento de dados.

Diante do objetivo inicial deste trabalho, podemos concluir então, que tal reestruturação do diligenciamento de dados, pode sim ser otimizado com ferramentas provenientes da indústria 4.0, mais especificamente o Big Data.

REFERÊNCIAS

AIRES, R. W. A.; FREIRE, P. S.; SOUZA, J. A. Educação Corporativa como ferramenta para estimular a inovação nas organizações: uma revisão de literatura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DO CONHECIMENTO - KM BRASIL, 13., 2016, São Paulo. Anais. SP, SBGC, 2016.

AMBERGER, M.; JEPPESEN, H.; PONTES, N. Estímulo ao consumo em tempos de crise ameaça futuro sustentável. Agência Deutsche Welle. 2010. Disponível em: <http://www.dw.de/est%C3%ADmuloao-consumo-em-tempos-de-cri-se-amea%C3%A7a-futurosustent%C3%A1vel/a-5289149>. Acesso em: jul. 2021

As Principais Ferramentas de Big Data Aplicadas ao Saneamento. EOS, 2018. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/principais-ferramentas-de-big-data>. Acesso em: 10 Abr.2021.

BARROS, José Roberto Mendonça de. "A indústria 4.0 e o Brasil".2016. Disponível em:< <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,a-industria-40-e-obrasil,10000067502>>. Acesso em: 18 jul.2021

Conheça 6 casos de sucesso de Big Data em empresas. Under, 2020. Disponível em: <https://under.com.br/6-casos-de-sucesso-do-uso-do-big-data-por-empresas>. Acesso em: 31 mar.2021.

Como a tecnologia está sendo usada para resolver os grandes problemas ambientais. Estadão, 2018. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/blogs/ecoando/como-a-tecnologia-esta-sendo-usada-para-resolver-os-grandes-desafios-ambientais>. Acesso em 10 Abr.2021.

DUJIN, A.; GEISLER, C.; HORSTKÖTTER, D. Industry 4.0 The new industrial revolution How Europe will succeed. Roland Berger Strategy Consultants, p. 1–24, 2014.

ELKINGTON, John. Cannibals with Forks: the triple bottom line of 21st Century Business, Oxford, Capstone, 1997.

Evans, D. (2011) The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything.
http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf

FALSARELLA, Orandi Mina; JANNUZZI, Celeste Sirotheau Corrêa. Inteligência organizacional e competitiva e big data: uma visão sistêmica para a gestão sustentável das organizações.Perspect. ciênc. inf., Belo Horizonte , v. 25,n. 1,p. 179-204, Jan. 2020. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141399362020000100179&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 Abr. 2021.

FIGUEREDO, Michael. "Ford cria fábrica virtual na Europa". 2012.Disponível em:. Acesso em: 29 ago.2021

GARCIA, Pedro. "Robôs Autônomos". 2016.Disponível em:< <https://pedrogarcia12av1.wordpress.com/about/robos-autonomos/>>. Acesso em: 17 ago.2021.

DUTRA M. S.; ROMANO V. F. Introdução à robótica industrial. 2002

GESTÃO DE RESÍDUOS PODE REDUZIR EM ATÉ 30% CUSTOS DAS EMPRESAS. Revista Meio Ambiente Industrial, 2016. Disponível em: <https://rmai.com.br/gestao-de-residuos-pode-reduzir-em-ate-30-custos-das-empresas> .Acesso em: 29 mar. 2021.

M.W. Waibel, L.P. Steenkamp, N. Moloko, G.A. Oosthuizen, Investigating the Effects of Smart Production Systems on Sustainability Elements, Procedia Manufacturing, Volume 8, 2017, Pages 731-737

MEYER, Manuel. Redução de custos com big data. Siemens, 2018. Disponível em:<https://new.siemens.com/br/pt/empresa/stories/energia/reducao-de-custos-com-big-data.html>. Acesso em 10 Abr.2021.

PALMA J. M. B. et al. Os princípios da Indústria 4.0 e os impactos na sustentabilidade da cadeia de valor empresarial. Advances In Cleaner Production, 2017. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/sixth/files/sessoes/6B/4/palma_jmb_et_al_academic.pdf. Acesso em: 14 Abr.2021.

PEREIRA, ADRIANO; OLIVEIRA, E. Conceitos e perspectivas para o Brasil. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v. 16, p. 9, 2018.

PREUSLER, Taísa Scariot; CRESPI, Tatiane Baseggio; NARDI, Valdeci; MARAFON, Daiane Lampugne. Terceirização dos serviços de impressão como forma de obtenção da ecoeficiência em uma empresa pública de pesquisa agropecuária. In: SINGEP - Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, IV, 2015, SP, pp. 1-10 .

RIBEIRO, Joaquim Meireles. O conceito da Indústria 4.0 na confecção: análise e implementação. Universidade do Minho. Escola de Engenharia.

ROMANO, Giuli. Big Data na Logística: a relação perfeita para uma logística otimizada. Intelipost, 2019. Disponível em:<https://www.intelipost.com.br/big-data-na-logistica-para-uma-logistica-otimizada>. Acesso em: 2 Abr.2021.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SUNG, Tae Kyung. **Industry 4.0: A Korea perspective**. Technological Forecasting & Social Change, 2017.

STOCK, T., SELIGER, G. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0, Procedia CIRP, v. 40, 2016, p. 536-541, ISSN 2212-8271.