

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**INSERÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR NA INDÚSTRIA 4.0:
UTILIZAÇÃO DE BIG DATA NO IMPULSIONAMENTO DO
DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL SUSTENTÁVEL DAS
MULTINACIONAIS**

Marina Pelegrini Mauricio da Rocha

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Química da
Universidade Federal de São
Carlos, para a obtenção do título
de Bacharel em Engenharia
Química.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Alice Medeiros de Lima

São Carlos - SP
2023

Pelegrini Mauricio da Rocha, Marina

Inserção da Economia Circular na Indústria 4.0:
utilização de Big Data no impulsionamento do
Desenvolvimento Industrial Sustentável das
Multinacionais / Marina Pelegrini Mauricio da Rocha --
2024.
46f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos,
campus São Carlos, São Carlos
Orientador (a): Alice Medeiros de Lima
Banca Examinadora: Mônica Lopes Aguiar, Edson Luiz
Silva
Bibliografia

1. Big Data. 2. Economia Circular. 3. Indústria 4.0. I.
Pelegrini Mauricio da Rocha, Marina. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Ronildo Santos Prado - CRB/8 7325

BANCA EXAMINADORA

Trabalho de graduação apresentado no dia 23 de Janeiro de 2024 perante a seguinte banca examinadora:

Orientador: Alice Medeiros de Lima, DEQ/UFSCar

Convidada: Mônica Lopes Aguiar, DEQ/UFSCar

Professor da Disciplina: Edson Luiz Silva, DEQ/UFSCar

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de TCC da candidata Marina Pelegrini Mauricio da Rocha:

Profa. Dra. Alice Medeiros de Lima

DEQ/UFSCar

Profa. Dra. Mônica Lopes Aguiar

DEQ/UFSCar

Prof. Dr. Edson Luiz Silva

DEQ/UFSCar

AGRADECIMENTO

Primeiramente, gostaria de agradecer imensamente à minha família. À minha mãe Maria Luiza, meu padrasto Marcos, meus avós Mariana e Alfonso que sempre me apoiaram e me ensinaram a importância de seguirmos nossos sonhos. Não poderia deixar de citar também a minha irmã Mariana, Maithana e meu irmão Marcos Augusto por todo o incentivo e confiança. Sem vocês, esse diploma não teria sido conquistado.

Aos meus tios e primos que também contribuíram muitíssimo para que eu chegasse até aqui. Muitíssimo obrigada pelo apoio. Em especial à minha prima Aline, que sempre esteve disposta e presente nos momentos de dúvidas e incertezas, obrigada por tudo.

Em especial, meu muito obrigado ao meu pai Moacyr que mesmo não estando mais entre nós, com certeza fez parte dessa conquista. Espero que você esteja orgulhoso da sua engenheira, pai!

Com certeza, não poderia deixar de citar meus companheiros de caminhada, meus amigos da faculdade, de república e do intercâmbio que me acompanharam durante todo esse processo, lado a lado. Agradeço aos tantos momentos de felicidade, estudos e aprendizados. Obrigada por essa fase tão incrível. Vocês foram essenciais na minha trajetória e carrego um pouco de cada um comigo.

À UFSCar, por tantas oportunidades abertas e a todos os professores e funcionários que contribuíram muitíssimo para a minha trajetória pessoal e profissional. Em especial, à minha orientadora, Prof^a Dr^a Alice por sempre me auxiliar e orientar nesses meses finais.

RESUMO

Por um lado, os desafios de cunho ambiental se mostram cada vez mais urgentes, já que colocam em risco todo o bem-estar da sociedade e o futuro do planeta. Diante desse cenário é inadiável debater e propor soluções com alta escalabilidade para que indústrias e empresas brasileiras possam otimizar suas linhas de produção, gerando mudanças tanto na produção quanto no consumo de toda matéria prima, produto e subproduto do processo a partir de modelos de negócios que possuem iniciativas mais sustentáveis e de reutilização. Por outro lado, as tecnologias digitais e Big Data vem cada vez mais sendo usadas estrategicamente em diversos setores, principalmente na geração de soluções relacionadas à produção. O presente trabalho tem como principal objetivo a exploração da aplicabilidade do Big Data no contexto do impulsionamento sustentável das empresas, com enfoque na possível ou não inserção da Economia Circular nas companhias, visando investigar os desafios, benefícios, limitações e vantagens relacionadas à utilização dele. Através do questionamento de gestores, analistas e pesquisadores da área busca-se identificar os benefícios potenciais, a possível facilitação ou não na melhoria das tomadas de decisão na promoção das práticas sustentáveis, bem como na inserção da Economia Circular no meio industrial. Contudo, também busca-se recolher limitações, restrições e deficiências associados ao uso das ferramentas, como limitações sobre a privacidade e a conformidade com as leis de proteção de dados, e ainda com a qualidade e veracidade dos dados e como isso impacta no desenvolvimento sustentável das empresas, levando em consideração diferentes setores. Como resultado, obteve-se mais de 70% de concordância dos respondentes acerca das questões abordadas, ou seja, os respondentes em grande parte concordaram integralmente com o auxílio das ferramentas de Big Data diante dos desafios de cunho ambiental. Além disso, foi possível perceber o incentivo e a relevância que o tema: Economia Circular e *Data Analytics*, vem tendo dentro das empresas. Bem como, a discrepância entre o alto índice de usabilidade das ferramentas de Big Data pelos participantes da pesquisa *versus* a baixa familiaridade deles, a respeito do tema.

Palavras-chave: Economia Circular, Big Data e Indústria 4.0.

ABSTRACT

On the one hand, environmental challenges are becoming increasingly urgent, as they put the entire well-being of society and the future of the planet at risk. Faced with this scenario, it is essential to debate and propose highly scalable solutions so that Brazilian industries and companies can optimize their production lines, generating changes both in production and in the consumption of all raw materials, products, and by-products of the process, based on business models that have more sustainable and reusable initiatives. On the other hand, digital technologies and Big Data are increasingly being used strategically in various sectors, mainly to generate production-related solutions. The main objective of this study is to explore the applicability of Big Data in the context of sustainable business development, focusing on whether companies can incorporate the Circular Economy, with a view to investigating the challenges, benefits, limitations, and advantages related to its use. By questioning managers, analysts and researchers in the field, the aim is to identify the potential benefits, the possible facilitation or otherwise in improving decision-making in the promotion of sustainable practices, as well as the insertion of the Circular Economy in the industrial environment. However, it also seeks to identify limitations, restrictions and shortcomings associated with the use of the tools, such as limitations on privacy and compliance with data protection laws, as well as the quality and veracity of the data and how these impacts on the sustainable development of companies, considering different sectors. As a result, more than 70% of respondents agreed with the questions raised, i.e. respondents largely agreed that Big Data tools can help with environmental challenges. In addition, it was possible to see the incentive and relevance that the topic: Circular Economy and Data Analytics, has had within companies. As well as the discrepancy between the high rate of usability of Big Data tools by the survey participants versus their low familiarity with the subject.

Palavras-chave: Circular Economy, Big Data e Industry 4.0.

SUMÁRIO

BANCA EXAMINADORA	2
AGRADECIMENTO	4
RESUMO	5
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE QUADROS	11
1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Indústria 4.0	13
2.1.1 Big Data	15
2.1.2 Ferramentas de Big Data	18
2.1.3 Computação na nuvem	19
2.2 Economia Circular	19
2.3 Simbiose Industrial	21
2.4 Agenda 30'30 ONU – ODS	22
2.5 Big Data e Aplicação na Economia Circular	23
2.5.1 Colaboração	24
2.5.2 Transparência e Rastreabilidade	24
2.5.3 Compreensão e Tomada de Decisão	25
2.5.4 Monitoramento e Previsão	25
3 MATERIAIS E MÉTODOS	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 Resultados da Pesquisa via <i>Google Formulários</i>	29
4.2 Levantamento de ações e projetos tomados por empresas	41
5 CONCLUSÃO	43
6 BIBLIOGRAFIA	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Características do Big Data	15
Figura 2: Quantidade de dados gerados globalmente.....	16
Figura 3: Classificação do Big Data	17
Figura 4: Processos do Big Data	18
Figura 5: Butterfly Diagram (Visualizando a Economia Circular)	20
Figura 6: Aplicação de Big Data e Tecnologias Digitais	24
Figura 7: População, amostra e margem de erro	29
Figura 8: Número de respondentes de acordo com a empresa.....	30
Figura 9: Número de respondentes por ramo empresarial	31
Figura 10: Número de respondentes por área de atuação	31
Figura 11: Número de funcionários das empresas dos respondentes.....	32
Figura 12: Mapeamento se a empresa do respondente possuía área com Data Analytics	32
Figura 13: Nível de familiaridade dos respondentes sobre Big Data	33
Figura 14: Nível de utilização das ferramentas de Big Data dos respondentes	33
Figura 15: Mapeamento se a empresa do respondente investe em Economia Circular	34
Figura 16: Percepção dos respondentes acerca da cultura orientada à dados	34
Figura 17: Percepção percentual do respondente acerca da integração de informação entre os stakeholders.....	35
Figura 18: Percepção percentual do respondente acerca do melhoramento da visibilidade da cadeia produtiva	35
Figura 19: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio na implementação de uma Logística Reversa	35
Figura 20: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio das ferramentas no monitoramento de impactos ambientais.....	36
Figura 21: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio das ferramentas no rastreamento pós consumo.....	36
Figura 22: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio das ferramentas em tomadas de decisões sustentáveis	37
Figura 23: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio das ferramentas na compreensão sobre o ciclo de vida.....	37
Figura 24: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio das ferramentas na compreensão de condições de trabalho.....	38

Figura 25: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio das ferramentas na identificação de pontos de desperdício	38
Figura 26: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio das ferramentas na adoção de técnicas de análise descritiva, a compreensão das métricas e dos indicadores de sustentabilidade	39
Figura 27: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio das ferramentas no compartilhamento de informações entre diferentes áreas	39
Figura 28: Maiores desafios	40
Figura 29: Outros desafios	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Overview das principais tecnologias da Industria 4.0	14
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Descrição e Objetivo das Perguntas Utilizadas no Formulário 27

1 INTRODUÇÃO

Já é sabido que nosso planeta vem enfrentando cada vez mais: complexos e numerosos desafios sociais, sustentáveis e econômicos. O efeito de tais desafios e como a sociedade atual lida com eles já vem sendo observado com as mudanças climáticas, altos índices de poluição, degradação de recursos naturais e declínio de biodiversidade. Além disso, no momento presente é crescente o compartilhamento de informações sobre como é notório que a terra atingiu seu ponto de inflexão, onde os modelos de produção, consumo e descarte já não são mais capazes de existir. (AGNES TOTH-PETER, 2023)

Assim como mostrado no sexto relatório de avaliação (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a situação atual do clima se encontra crítica. O aumento dos gases de efeito estufa distribuídos homogeneamente na atmosfera são inequivocadamente causados por atividades humanas. Revelando, informações extremamente alarmantes sobre as mudanças climáticas. (CONTRIBUIÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO I, 2021)

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), como consequência das crises econômicas e do aumento da degradação ambiental, todas as pessoas devem se empenhar em uma busca para uma melhor utilização dos recursos naturais do planeta Terra. Visto que, se as tendências de consumo atuais continuarem no mesmo ritmo até 2050, serão necessários três planetas terra para prover recursos naturais necessários, considerando o ritmo de crescimento populacional. (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2013)

E é nesse contexto, que uma alternativa promissora aos modos de produção e consumo atual: a economia circular (EC), atua como interessante solução frente aos modelos econômicos vigentes. A Economia Circular, funciona como o oposto da economia tradicional linear, encorajando os negócios a repensarem suas respectivas estratégias, reconsiderando seus descartes e reintegrando seus produtos, pós fase de consumo. Além de ser uma abordagem extremamente importante, para se atingir metas de sustentabilidade.

Em conjunto com esse cenário, comprova-se um crescente avanço em soluções tecnológicas, principalmente soluções orientadas à dados. Onde o investimento por parte das empresas de diversos ramos, vem sendo direcionado. Já é claro, que o Big Data e as tecnologias digitais são adotadas por empresas a fim de atender objetivos e estratégias de marketing, otimização de processos e melhoria da experiência do cliente.

(MARQUESONE R. F. P, 2022). Entretanto, ainda não se faz evidente como tais tecnologias auxiliam as empresas no atingimento de suas metas de sustentabilidade, principalmente em uma possível ou não inserção da Economia Circular. Desta forma, este trabalho busca:

- Coletar informações sobre tecnologias de Big Data, usabilidade nas empresas e como elas auxiliam ou não nas metas de desenvolvimento sustentável.
- Analisar o conhecimento dos participantes a respeito do tema da pesquisa, a fim de entender sua relevância.
- Exemplos de medidas e ações que já vem sendo implementadas nas empresas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria 4.0

A história da industrialização tem sua origem no século XVIII, com seu início delineado na Inglaterra na chamada Revolução Industrial. Desde então, significativos avanços industriais revolucionaram os meios de produção, conduzindo à mudança do trabalho manual para a fabricação em massa de bens de consumo, através de máquinas à vapor. Consequentemente, os padrões de consumo e produção da sociedade moderna se remodelaram, provocando um alto crescimento no bem-estar e na condição de vida dos indivíduos, bem como uma alta aceleração nos impactos ecossistêmicos e na degradação ambiental.

A evolução da indústria se iniciou em 1950 com a automação industrial, onde controladores lógicos programáveis (CLPs) e sistemas de controle numérico computadorizado (CNC) começaram a ser inseridos nas linhas de produção. A década de 1980, evidenciou o uso de robótica avançada onde robôs industriais começaram a ser amplamente utilizados, aumentando a precisão e melhorando a eficiência das linhas.

Em 1990, através da internet e das redes, a comunicação e a coleta de dados em tempo real, se tornaram mais acessíveis nas fábricas. E foi nos anos 2000, que a computação em Nuvem e Big Data, possibilitaram às empresas armazenarem, analisarem e compartilharem grandes volumes de dados, inclusive os de produção, compra, armazenamento e venda.

Por volta de 2010 a Internet of Things (IoT) possibilitou a conexão das máquinas e dispositivos nas fábricas, contribuindo para o monitoramento em tempo real e a tomada de decisões baseadas em dados.

Com isso, indústria 4.0 (I4.0), também conhecida como a 4ª Revolução Industrial possui esse nome por descrever a atual tendência de automação e digitalização no setor industrial. Além de representar uma nova fase na evolução do setor de manufaturas, definindo-se como a integração de avançadas tecnologias: Inteligência Artificial (IA), Internet of Things (IoT) e Big Data Analytics com processos industriais. I4.0 representa uma estrutura, introduzindo um ecossistema inovador e uma nova onda de tecnologias. Conceito, este introduzido pelo governo alemão em 2011 buscando estratégias de alta tecnologia para aumentar a competitividade da sua indústria transformadora. (LOPES DE SOUSA JABBOUR, 2018)

De acordo com Lopes, de Souza Jabbour (2018), a conectividade entre máquinas, ordens, empregados, fornecedores e clientes devido à Internet of Things (IoT) e os dispositivos eletrônicos são a principal característica da I4.0. Um overview das principais tecnologias da Indústria 4.0, podem ser vistos na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Overview das principais tecnologias da Indústria 4.0

<i>Tecnologia</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplos</i>
<i>Sistemas cyber-físicos</i>	Possibilita automação, monitoramento e controle dos processos e objetos em tempo real	Controladores e sistemas de sensores
<i>Fabricação em nuvem</i>	Portais virtuais para criar uma network compartilhado de recursos de fabricação e capacidades oferecidas como serviços	Internet
<i>Internet of Things</i>	Sistema computacional que coleta e permuta dados adquiridos por meio de dispositivos eletrônicos	RFID (Radio-Frequency Identification), sensores, barcodes, smartphones
<i>Fabricação Aditiva</i>	Representa a ágil e conectada prototipagem de partes de produtos em larga escala, possibilitando customização	Impressoras 3D

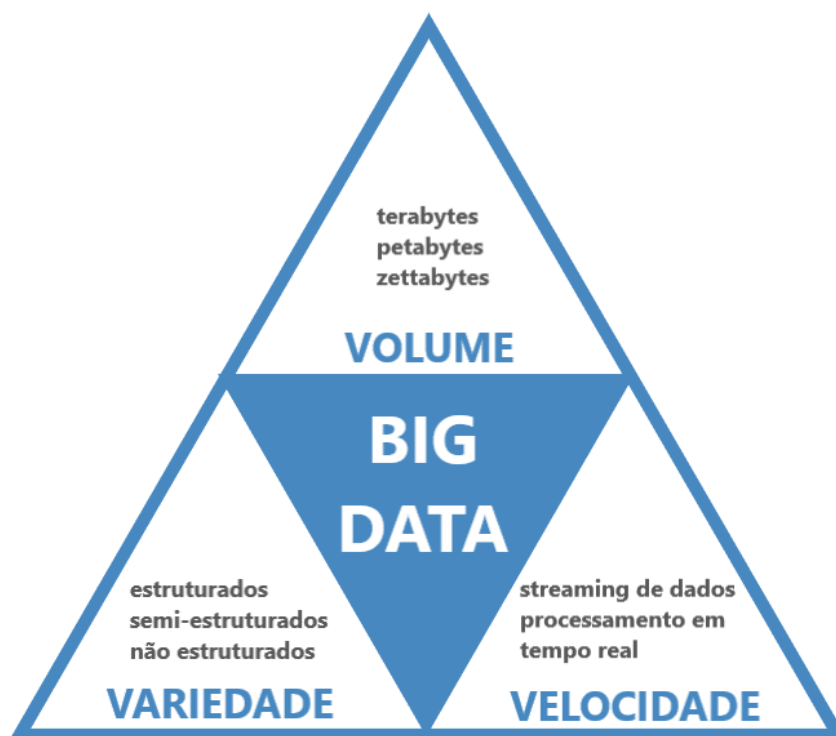
Fonte: Adaptado de (LOPES DE SOUSA JABBOUR, 2018)

A Indústria 4.0 (I4.0) foi um grande catalisador da integração da tecnologia com os negócios, sendo essa um dos principais impulsionadores da mudança, principalmente em aspectos de produção em massa. (WANG, 2020).

2.1.1 Big Data

Através do desenvolvimento tecnológico a partir de fontes e informações de diferentes tipos e formatos o volume de dados gerados por pessoas e máquinas tem crescido exponencialmente. (GANDOMI A., 2014). Devido aos imensos avanços no poder computacional, na densidade de armazenamento de dados e disponibilidade de informações, novas aplicações e localizações para as tecnologias digitais e serviços são viabilizadas. Segundo Laney Doug (2001) a definição do termo Big Data é creditada aos desafios do gerenciamento de dados considerando as dimensões de variedade, volume e velocidade de dados, assim como apresentado na Figura 1. Tais desafios, conhecidos como os “Vs” da Big Data foram aumentando com o passar dos anos, incluindo ainda valor e veracidade dos dados.

Figura 1: Características do Big Data



Fonte: Adaptado de (INAVANOV e KORFIATIS, 2013)

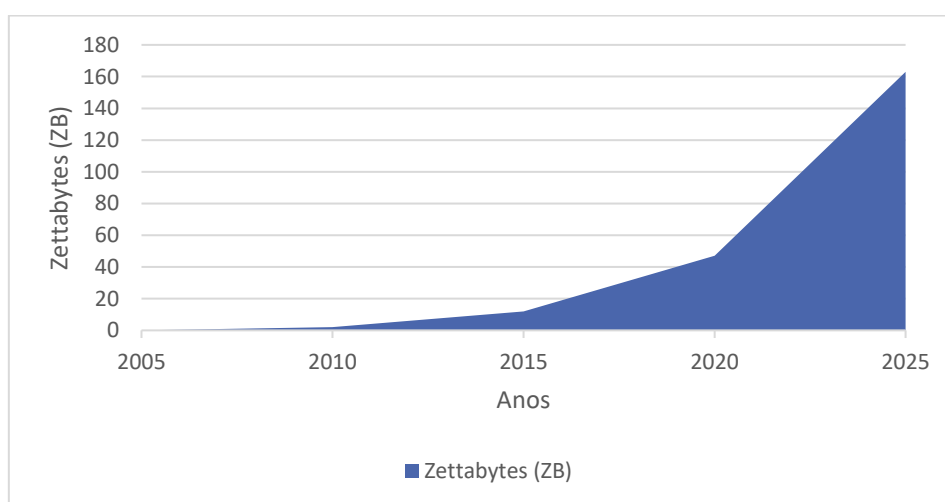
Outras formas de definição é através da (Gartner IT Glossary, n. d.) onde Big Data é descrito como uma enorme variedade, volume e velocidade de informação de ativos que demandam formas inovativas e rentáveis de processamento a fim de produzir insights e tomadas de decisão. Para se ter uma ideia de quantidade, uma pesquisa realizada pela IBM revelou que Big Data são *datasets* com mais de 1 *terabyte* de informação. Como exemplo: um *terabyte* é capaz de armazenar uma quantidade de

ativos equivalente a 1500 CDs ou 220 DVDs, o bastante para armazenar aproximadamente 16 milhões de fotos do Facebook. (GANDOMI A., 2014)

Por meio de interações entre máquinas e pessoas através de canais de mídia sociais, aplicativos, servidores, softwares, agentes inteligentes, cartões de crédito, sensores e sites a quantidade global de dados em 2015 foi estimada em 12 zettabytes, com uma previsão para 2025 de 163 zettabytes. (MARQUESONE R. F. P, 2022)

A Figura 2, ilustra o tamanho anual da quantidade de dados utilizados e previstos de ser utilizados globalmente. O aumento massivo na demanda por informação devido à pandemia do COVID-19, também contribui para o crescimento maior do que esperado no volume de dados. (BIG DATA FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2023)

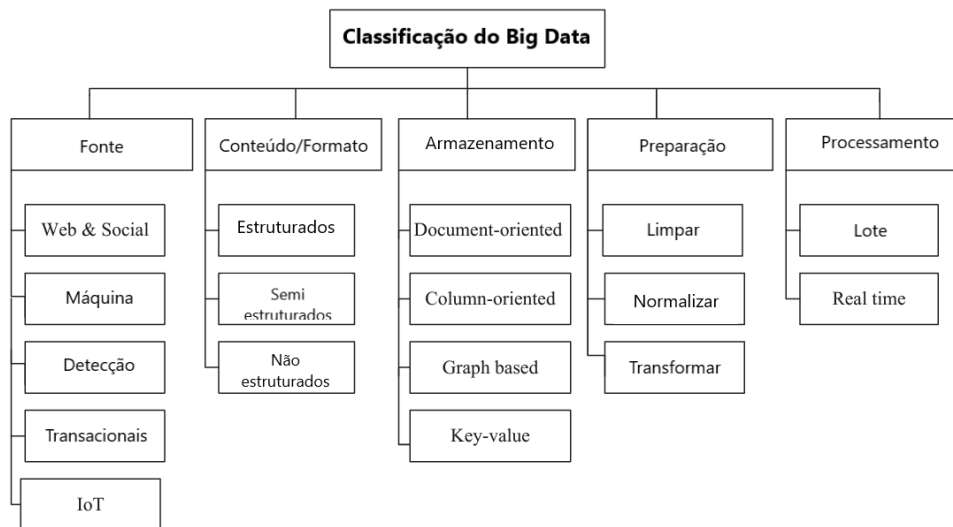
Figura 2: Quantidade de dados gerados globalmente



Fonte: Adaptado de (REINSEL D. ET AL, 2017)

Big Data pode ser classificado em diferentes categorias, com o propósito de se ter um maior entendimento sobre suas características. A classificação é uma parte importantíssima, já que facilita a compreensão dos dados em grande escala na nuvem. A classificação se baseia em 5 aspectos: Fonte, Conteúdo, Armazenamento, Preparação e Processamento, assim como mostra a Figura 3: Classificação do Big Data

Figura 3: Classificação do Big Data



Fonte: Adaptado de (HASHEMA I. A. T., 2014)

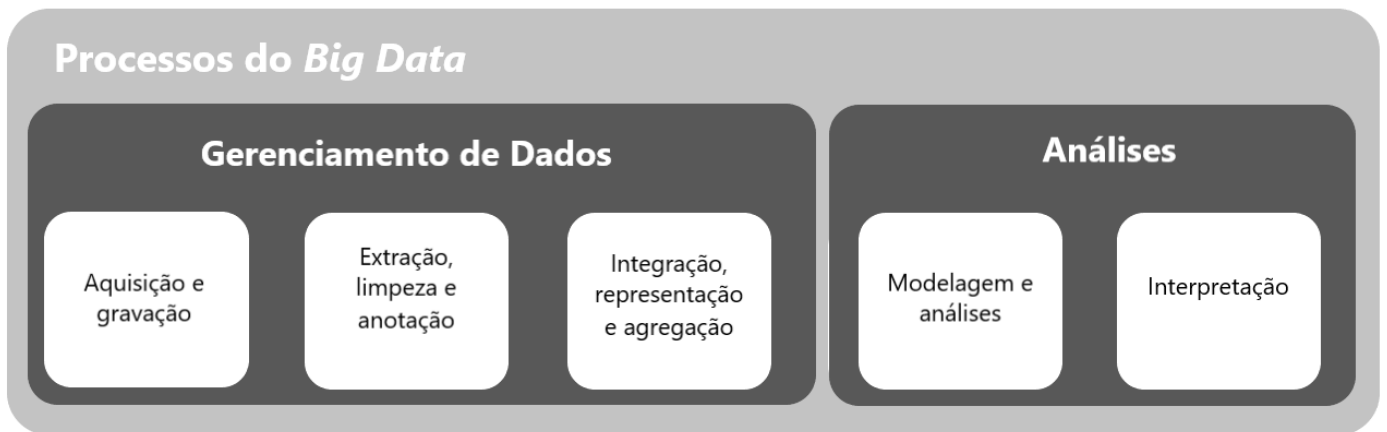
O crescimento dos dados tem acontecido por causa do aumento da possibilidade de coleta barata, pela crescente dos sensores de informação, aparelhos celulares e finalmente pela capacidade mundial de armazenamento de informação ter praticamente dobrado a cada 40 meses desde 1980. (BIG DATA FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2023)

Entretanto, é notável que para as empresas, todo o potencial do Big Data só é realmente aproveitado quando utilizado para impulsionar tomadas de decisão. Para isso, é extremamente necessário que as organizações tenham processos eficientes para tornar massivos volumes de dados diversificados e de rápida movimentação em insights valiosos. Tais processos, podem ser divididos em 5 diferentes estágios:

- Aquisição e gravação
- Extração, limpeza e anotação
- Integração, agregação e representação
- Modelagem e Análises
- Interpretação

Onde os três primeiros estágios juntos pertencem ao subgrupo conhecido como gerenciamento de dados, e os dois últimos pertencem ao subgrupo análises, assim como exemplificado na Figura 4. (GANDOMI A., 2014)

Figura 4: Processos do Big Data



Fonte: Adaptado de (GANDOMI A., 2014)

2.1.2 Ferramentas de Big Data

Assim como já citado, atualmente se mostra comum a progressiva utilização do poder computacional para se tomarem decisões dentro das organizações. É interessante notar, que há diversos softwares e aplicativos no mercado capazes de gerenciar e analisar a robusta quantidade de dados, proporcionando assim tomadas de decisão mais rápidas.

Para ambos os subgrupos tanto gerenciamento quanto análises, podem-se listar algumas ferramentas mais comuns segundo o Team Svitla (2023):

- **Integrate.io**, empresa focada em soluções de dados.¹
- **Apache Hadoop**, plataforma de software escrito em Java, com foco em processamento de grandes volumes de dados, lançada em 2006.²
- **Cassandra**, *opensource* para gerenciar massivas quantidades de dados sendo um sistema de banco de dados distribuído, reunindo modelo de dados baseados no BigTable, do Google.³
- **MongoDB**, *opensource* para gerenciamento de bases de dados, é um software escrito em C++ de banco de dados.⁴
- **Tableau**, software de análise visual de dados e inteligência de mercado.⁵

¹ <https://www.integrate.io/about/>

² <https://hadoop.apache.org/>

³ https://pt.wikipedia.org/wiki/Apache_Cassandra

⁴ <https://pt.wikipedia.org/wiki/MongoDB>

⁵ <https://www.tableau.com/pt-br/why-tableau/what-is-tableau>

- **Power BI**, software da Microsoft, que permite extrair, transformar e carregar dados de diferentes fontes, possibilitando a criação de relatórios visuais.⁶

2.1.3 Computação na nuvem

A computação em nuvem promete softwares e hardwares confiáveis, entregues através de *datacenters* remotos. Serviços em nuvem, vem se tornando um potente meio para performar tarefas computacionais complexas, abrangendo uma gama de funções desde armazenamento até facilidade no acesso de um alto volume de dados. (HASHEMA I. A. T., 2014)

Pode-se citar como principais benefícios dessa tecnologia a facilitação entre compartilhamento de dados em diferentes máquinas físicas, conseqüentemente, em diferentes locais do globo, bem como entre sistemas e servidores. Com isso, é extremamente notável a facilitação do acesso à informação e a redução no uso de recursos. (GABRIEL, 2021)

2.2 Economia Circular

A partir da 1ª Revolução Industrial, mudanças significativas e desenvolvimento tecnológico vem ocorrendo. Porém, ainda se mostra extremamente comum o modelo de produção e econômico linear, unidirecional. Esse modelo, tem como princípio básico o fácil e simples descarte de artigos e produtos, após serem utilizados. Onde a matéria prima, após passar pelo processo de produção e se tornar produto, é utilizada por um consumidor e logo em seguida, descartada como resíduo, como se aquele produto fosse simplesmente desaparecer na natureza, dando espaço para novos produtos.

Contudo, devido ao cenário onde o meio ambiente vem passando cada vez mais por graves impactos negativos e catastróficos, já que há falta de soluções para gerenciamento de resíduos, um novo modelo de produção vem chamando atenção e se mostrando necessário. Modelos econômicos propostos a décadas vem sendo amplamente discutidos, como por exemplo: economia verde (PEARCE, MARKANDYA e BARBIER, 1989), a bioeconomia (GEORGESCU-ROEGEN, 1977), o design regenerativo por meio de John T. Lyle em 1970, a Economia de Desempenho através de Walter Stahel em 2006, Economia Azul por Gunter Pauli em 2010 e a economia circular (PEARCE, TURNER e TURNER, 1990). Tais modelos, levam em consideração

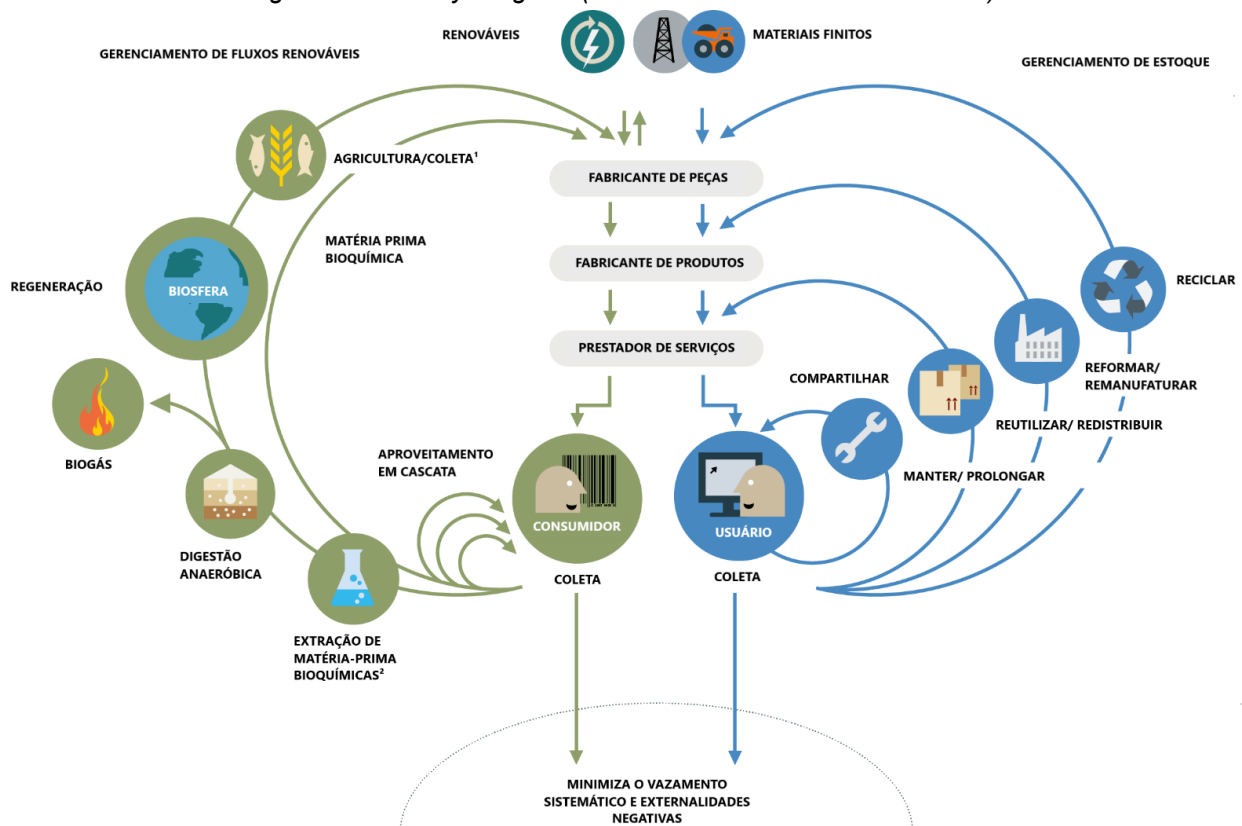
⁶ <https://www.microsoft.com/pt-br/power-platform/products/power-bi/>

a importância de oferecer soluções cíclicas, fechadas, regenerativas e sustentáveis, através do retorno dos resíduos gerados ao sistema econômico.

O modelo passou a ganhar representatividade, por meio do impulsionamento de algumas instituições como a Fundação Ellen MacArthur, *British Standards Institution* (BSI), Circle Economy, entre outras, que iniciaram programas e parcerias com organizações públicas e privadas para acelerar a transição da economia linear para o modelo circular. (GARDETE, 2022)

A definição do termo que é mais adotada globalmente, foi a apresentada pela Fundação Ellen MacArthur (MACARTHUR, 2012) onde: “Economia Circular é um sistema industrial onde materiais nunca se tornam lixo e a natureza é regenerada. Em uma economia circular, produtos e materiais são mantidos em circulação através de processos como manutenção, reutilização, reforma, remanufatura, reciclagem e compostagem. A economia circular aborda a mudança climática e outros desafios globais, como perda de biodiversidade, lixo e poluição, por dissociação da atividade econômica do consumo recursos finitos.” Além disso, a Fundação Ellen MacArthur desenvolveu um diagrama capaz de exemplificar e explicar a definição do conceito, que pode ser visto na Figura 5.

Figura 5: Butterfly Diagram (Visualizando a Economia Circular)



Fonte: Adaptado de (MACARTHUR, 2012)

É possível notar, que o foco do modelo é na produção de produtos que possam ser reutilizados ou reciclados de alguma forma, diminuindo assim a extração de novas matérias primas da natureza, oferecendo meios para gerar menos lixo através da circularidade dos produtos. (MARQUESONE R. F. P, 2022)

O diagrama da Figura 5, pode ser dividido em 2 diferentes ciclos: o técnico e o biológico. No primeiro, produtos, componentes e materiais são mantidos em circulação na economia pelo maior tempo possível, já no segundo a estratégia é restaurar nutrientes na biosfera, onde há a recriação de matéria prima.

O ciclo técnico é geralmente composto por materiais não renováveis como os metais. Através da prolongação da vida útil, reutilização, redistribuição, reforma ou reciclagem do mesmo, ocorre a preservação do valor dos materiais que compõe aquele produto, aumentando seu tempo de utilização na sociedade.

Já o ciclo biológico é composto por comida, produtos feitos de madeira ou lodo de esgoto podendo ser reutilizados, através de ciclos biológicos. Essas matérias, podem ser reutilizados pela própria natureza, com o centro da criação de valor no aproveitamento em cascata deles. Produtos químicos podem ser extraídos em refinarias, bem como matéria orgânica pode ser compostada e digerida para se extrair relevantes nutrientes como: Nitrogênio, Fósforo e Potássio, bem como macronutrientes.

Um exemplo de empresa colocando em prática a economia circular, é a Nestlé empresa global de alimentos e bebidas, que é parceira da Ellen MacArthur Foundation desde 2018. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012) Comprometida com a economia circular, a companhia já atingiu números surpreendentes, onde no final de 2022, 81,9% do plástico utilizado em suas embalagens puderam ser reciclados, tendo como meta atingir 95% desse número em 2025. Além disso, a companhia vem pilotando sistemas de embalagens do futuro reutilizáveis, através de uma parceria com uma startup alemã chama "Circolution". Testando a próxima geração de embalagens de alimentos reutilizáveis, possibilitando aos consumidores alemães, em determinadas cidades, aproveitarem uma de suas marcas em recipientes padronizados e reutilizáveis de aço inoxidável. Além disso, a empresa tem metas ambiciosas para a implementação de práticas regenerativas nas suas fazendas de cacau e café. (NESTLÉ, 2021)

2.3 Simbiose Industrial

Simbiose industrial é um conceito estritamente ligado à economia circular, já que se refere à colaboração estreita de diferentes indústrias e organizações na criação de um sistema cíclico onde lixo e subprodutos de uma indústria se tornam recurso de outra.

A primeira simbiose industrial, bem como o surgimento desse termo foi estabelecido em 1972, em Kalundborg, Dinamarca. Visando gerar uma maior integração de sistemas, o eco parque em Kalundborg é uma parceria entre 16 empresas públicas e privadas que desenvolvem uma produção circular focada na partilha de serviços e resíduos.

A abordagem da simbiose industrial tem como objetivo reduzir a quantidade de lixo industrial, aumentar a eficiência energética e expandir o desenvolvimento sustentável das indústrias, criando sinergia entre elas.

Visualizando o cenário pós-revolução Industrial onde a sociedade vive com o aumento contínuo de geração de resíduos e escassez de recursos naturais, há o surgimento como que por necessidade do desenvolvimento contínuo de estratégias para fechar o loop do fluxo de materiais. Em destaque, a Simbiose Industrial ganha força por justamente retornar os recursos e resíduos para o processo produtivo novamente.

A definição da palavra simbiose vem do relacionamento biológico simbiótico entre dois seres vivos de espécies distintas que dispõem de associação benéfica através de trocas de materiais, energia ou informações acontecendo naturalmente no ambiente. Uma característica importante da definição da palavra é que a soma de esforços coletivos deve superar a soma de esforços individuais dos seres-vivos. (CAMPAROTTI, 2020).

Segundo (CHERTOW M, 2000) o conceito quando adicionado no contexto industrial refere-se a uma abordagem coletiva tradicional de indústrias separadas para criar vantagens competitivas envolvendo troca física de materiais, energia, água ou bioprodutos.

O termo e aplicação da SI vem cada vez mais ganhando destaque nos últimos anos, como pode ser visto com o crescimento exponencial da utilização mais eficiente de recursos escassos entre indústrias possibilitado pelo surgimento de novos eco parques como por exemplo o ULSAN EIP Center na Coreia do Sul conhecido por utilizar o método R&DB – *Research and Development into Business* para desenvolver as redes da simbiose. (CAMPAROTTI, 2020).

2.4 Agenda 30'30 ONU – ODS

Atualmente, a Organização das Nações Unidas (ONU), corresponde a uma organização internacional com a principal missão de promover a paz e o desenvolvimento mundial, com base nos princípios da justiça, dignidade humana e no bem-estar de todos. (História da ONU, 2023)

Com representação fixa no Brasil desde 1947, a equipe de país tem como principal objetivo maximizar o trabalho da organização, visando proporcionar uma resposta coletiva, coerente e integrada às necessidades nacionais. (AS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, 2023)

A ONU tem como um dos compromissos internacionais os chamados Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) considerado um apelo global à ação para erradicar a pobreza, proteger o clima e o meio-ambiente e assegurar que as pessoas em qualquer lugar do mundo, possuam paz e prosperidade, tudo isso na Agenda de 2030. (OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO BRASIL, 2023)

Vale lembrar que muitas partes do globo ainda têm crítico acesso à dados relevantes. Muitos governos ainda não possuem acesso adequado aos dados da sua própria população, situação agravante principalmente em países marginalizados e extremamente pobres onde é um desafio imenso alcançar as metas de zero pobreza extrema e zero emissões de gases até 2030. (BIG DATA FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2023). Através do Big Data e ao acesso às informações de forma facilitada e em grande quantidade, se torna mais simples notar as disparidades sociais e ambientais que estavam antes escondidas ou eram muitas vezes desconhecidas. Com o propósito de rastrear, monitorar e reportar o progresso e as conquistas na implementação das ODS nos países, a ONU desenvolveu um *Data Hub* contribuindo para o melhoramento da produção de estatísticas oficiais e fortalecendo laços e cooperação entre produtores de estatísticas oficiais. (IBGE, 2021)

Tais novos insights recolhidos através do HUB, podem complementar estatísticas oficiais e pesquisas de dados, adicionando importante nuances, detalhes, tempo e relevância no desenvolvimento e no progresso das ODSs. (BIG DATA FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2023)

2.5 Big Data e Aplicação na Economia Circular

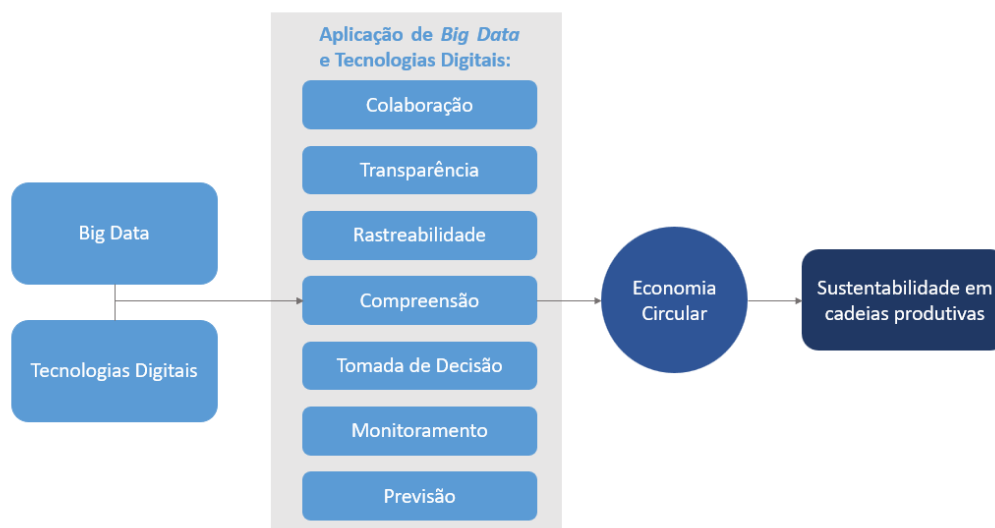
Assim como já mencionado, a economia circular é considerada um desafio atual por requerer mudanças integradas de diferentes aspectos da indústria como: inovação na cadeia produtiva, mudança social no comportamento do consumidor com relação ao uso e descarte do produto, design e concepção do produto e embalagem, bem como logística reversa e incorporação da sustentabilidade como valor inalienável para a empresa.

Estudos e artigos com a intersecção dos dois temas, “Big Data” e “Economia Circular” foram vistos realizados pela primeira vez em 2017, e somente em 2021 que se

viu uma significativa crescente no número de trabalhos publicados. (MARQUESONE R. F. P, 2022)

Assim como apresentado por (MARQUESONE R ET AL, 2022) a Figura 6, ilustra em quais aspectos a utilização de Big Data pode apoiar empresas na transição para uma cadeia mais sustentável e uma economia circular.

Figura 6: Aplicação de Big Data e Tecnologias Digitais



Fonte: Adaptado de (MARQUESONE R ET AL, 2022)

2.5.1 Colaboração

Através de algumas tecnologias específicas como armazenamento em nuvem, ferramentas de visualização de dados e integração entre dados de diferentes etapas do processo produtivo, o conhecimento sobre o ciclo de vida do produto acaba sendo extremamente ampliado. Contribuindo para a atuação colaborativa de diferentes áreas de um mesmo setor, agregando e compartilhando informações entre os colaboradores. (MARQUESONE R. F. P, 2022)

2.5.2 Transparência e Rastreabilidade

Um dos grandes obstáculos da transição para a economia circular se dá pela dificuldade de transparência e rastreabilidade do produto diante da complexidade da cadeia produtiva. Diante disso, é possível que através da utilização de técnicas de Big Data, exista uma certa facilitação na captura e análise de informações da cadeia, trazendo maior transparência e facilitando a rastreabilidade do processo. (MARQUESONE R. F. P, 2022)

2.5.3 Compreensão e Tomada de Decisão

Através das ferramentas de Big Data, as empresas podem conseguir reduzir incertezas e dúvidas durante o ciclo de vida de um produto, obtendo uma maior compreensão do mesmo e das métricas de sustentabilidade, facilitando tomadas de decisão estratégicas e aumentando a visibilidade dos processos. (MARQUESONE R. F. P, 2022)

2.5.4 Monitoramento e Previsão

Através da utilização de modelos preditivos e em tempo real, bem como captura de eventos em sensores e dispositivos IoT, as empresas podem ter a obtenção de maiores percepções sobre o processo produtivo, bem como recursos utilizados, minimizando os impactos ambientais gerados imediatos e futuros. (MARQUESONE R. F. P, 2022)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Com o intuito de investigar, a exploração e a aplicabilidade da utilização do Big Data no contexto do impulsionamento sustentável das empresas, com enfoque na possível ou não inserção da Economia Circular nas companhias, visando investigar os desafios, benefícios, limitações e vantagens relacionadas à utilização dele.

Com esse objetivo, desenvolveu-se um questionário eletrônico via *Google Formulários*, por meio do e-mail institucional da aluna. Esse formulário, foi compartilhado e disseminado via diversos meios eletrônicos como: *LinkedIn*, *WhatsApp*, E-mail e Indicação, visando atingir o máximo de gestores, analistas, pesquisadores ou trabalhadores da área de sustentabilidade no Brasil possível. O formulário ficou disponível e aceitando respostas, por um período total de um mês e 47 dias, desde o dia 20 de outubro de 2023 até o dia 05 de dezembro de 2023.

Possibilitando uma coleta diversa com colaboradores de diferentes empresas, ampliando assim a percepção e o entendimento sobre o tema proposto. A metodologia utilizada para analisar as respostas encontradas foi a chamada quantitativa, onde os dados obtidos são traduzidos em números percentuais. Além disso, como segunda parte do trabalho, foi levantado através de revisão na literatura projetos e ações tomadas por empresas, como bons exemplos de como impulsionar o desenvolvimento sustentável das empresas com a utilização do Big Data, visando fomentar a discussão e visibilidade

do tema em território nacional. A partir dessa segunda análise, é possível entender e mapear boas práticas implementadas por outras indústrias, facilitando o acesso às indústrias brasileiras, comprometidas em caminhar no tema.

Apresentação da Pesquisa via Google Formulários

Nesta seção do presente trabalho, apresenta-se as questões que compuseram o questionário. As respostas ocorreram de forma anônima, porém com uma breve introdução identificativa a fim de entender o porte da empresa na qual o respondente trabalha, se ela já utiliza ferramentas de Big Data ou não e se a empresa investe ou não em Economia Circular.

O questionário é constituído por 22 questões, com perguntas de múltipla escolha, escala linear e resposta livre. As perguntas de escala linear foram maioria no questionário, com uma escala variando de 0 a 5, sendo 0 a representação de nenhuma concordância e 5 a representação de completa concordância. É importante citar ainda, que inicialmente foi pedido a autorização do respondente para a coleta e utilização dos dados obtidos através do formulário, para fins exclusivamente científicos, demonstrando conformidade com a LGPD.

O formulário é dividido em 5 seções distintas, que foram fundamentadas no estudo de (MARQUESONE R ET AL, 2022):

- Identificação
- Colaboração
- Transparência e Rastreabilidade
- Compreensão e Tomada de Decisão
- Monitoramento e Previsão

A primeira seção tem como objetivo conhecer o grau de entendimento e conhecimento do respondente acerca do tema. Compreendendo mais acerca dos desafios e limitações do tema, com enfoque na empresa no qual o respondente trabalha ou experiência prévia, identificando segmento da empresa, bem como perfil profissional do respondente. Já na segunda seção, o objetivo é entender como o Big Data influencia na colaboração e integração das informações dentro da companhia. Seção três é a responsável por estudar como as ferramentas auxiliam na transparência e rastreabilidade de informação dentro da companhia. Já a seção quatro, investiga como as ferramentas de Big Data ajudam compreensão e tomada de decisão dos stakeholders dentro da companhia. Por fim, a quinta seção, como tais ferramentas monitoram de maneira ágil e criam previsões para o ciclo produtivo.

No Quadro 1 , são apresentadas as seções, juntamente com as questões e seus objetivos individualizados.

Quadro 1: Descrição e Objetivo das Perguntas Utilizadas no Formulário

SEÇÃO	Nº	DESCRIÇÃO	OBJETIVO
1 Identificação	1	Qual empresa você trabalha?	Identificação da empresa do respondente
	2	Qual o ramo da sua empresa?	Identificação ramo da empresa
	3	Qual área dentro da empresa você atua?	Identificação da área de atuação dentro da empresa para entender se possui algum viés
	4	A empresa na qual você trabalha possui quantos funcionários?	Identificação do tamanho da empresa e consequentemente sua estrutura
	5	A empresa na qual você trabalha possui uma área focada em Data Analytics?	Identificação se é uma empresa que já lida com Data Analytics ou não
	6	Qual o nível de familiaridade você possui com ferramentas de Big Data (Hadoop, data lake, ferramentas de visualização de dados) ?	Identificação da familiaridade do respondente com as ferramentas
	7	No seu trabalho você utiliza ferramentas de Big Data (Hadoop, data lake, ferramentas de visualização de dados) ?	Mapear a utilização das ferramentas
	8	Sua empresa investe em Economia Circular?	Mapear o quanto a empresa investe em Economia Circular
2 Colaboração	1	Você acredita que a falta de uma cultura orientada à dados reduz a possibilidade de compartilhamento interno e consequentemente minimiza a chance de inovação sustentável?	Levantamento da expectativa do respondente acerca da crença em uma cultura orientada à dados
	2	Você acredita que ferramentas de Big Data (Hadoop, data lake, ferramentas de visualização de dados) auxiliam na integração de informações entre os stakeholders?	Investigação sobre o quanto as ferramentas de Big Data auxiliam na integração de informações entre os stakeholders de uma empresa
	3	Você acredita que ferramentas de Big Data (Hadoop, data lake, ferramentas de visualização de dados) melhoram a visibilidade das etapas da cadeia produtiva?	Investigação sobre o quanto as ferramentas de Big Data clarificam as etapas da cadeia produtiva
	4	Você acredita que ferramentas de Big Data (Hadoop, data lake, ferramentas de visualização de	Levantamento da expectativa do respondente acerca da crença nas

		dados) auxiliam na implementação de uma logística reversa?	ferramentas de Big Data sobre a implementação de uma logística reversa
3 Transparência e Rastreabilidade	1	Você acredita que ferramentas de Big Data (Hadoop, data lake, ferramentas de visualização de dados) auxiliam no monitoramento e identificação do impacto ambiental no processo produtivo?	Investigação sobre o quanto as ferramentas de Big Data auxiliam no monitoramento e identificação do impacto ambiental
	2	Você acredita que ferramentas de Big Data (Hadoop, data lake, ferramentas de visualização de dados) auxiliam no rastreamento do produto em sua fase pós consumo?	Investigação sobre o quanto as ferramentas de Big Data auxiliam no rastreamento do produto em sua fase pós consumo
4 Compreensão e Tomada de Decisão	1	Você acredita que ferramentas de Big Data (Hadoop, data lake, ferramentas de visualização de dados) auxiliam no processo de tomada de decisão sustentáveis da empresa?	Levantamento da expectativa do respondente acerca do processo de tomada de decisões sustentáveis da empresa
	2	Você acredita que ferramentas de Big Data (Hadoop, data lake, ferramentas de visualização de dados) auxiliam as empresas a terem uma maior compreensão sobre o ciclo de vida do produto, utilização e rendimento dos recursos utilizados ao longo do processo produtivo, reduzindo incertezas sobre ele?	Investigação sobre o quanto as ferramentas de Big Data auxiliam a reduzir incertezas sobre o produto
	3	Você acredita que ferramentas de Big Data (Hadoop, data lake, ferramentas de visualização de dados) auxiliam as empresas a compreenderem mais condições de trabalho, tanto de fornecedores quanto de colaboradores internos, possibilitando a identificação de condições sociais e ambientais a serem solucionadas?	Investigação sobre a identificação de novas condições sociais e ambientais com o uso de Big Data
	4	Você acredita que ferramentas de Big Data (Hadoop, data lake, ferramentas de visualização de dados) auxiliam as empresas a identificarem pontos de desperdícios, acúmulo e perdas no processo produtivo?	Investigação sobre identificação de pontos de desperdícios, acúmulo e perdas com o uso de Big Data
	5	Você acredita que através da adoção de técnicas de análise descritiva a compreensão das métricas e dos indicadores de	Investigação sobre técnicas de análise descritiva

		sustentabilidade ficaram mais claras?	
5 Monitoramento e Previsão	1	Você acredita que ferramentas de Big Data (Hadoop, data lake, ferramentas de visualização de dados) auxiliam no compartilhamento de informações entre diferentes áreas/stakeholders possibilitando assim diferentes perspectivas e atuações em problemas sustentáveis?	Levantamento acerca do compartilhamento de informações entre diferentes áreas e stakeholder através de Big Data

Fonte: Arquivo Pessoal

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados da Pesquisa via *Google Formulários*

Durante os 47 dias em que o formulário permaneceu aberto aceitando respostas online, pessoas de diversas empresas participaram, compartilhando um pouco mais sobre a sua experiência e visão sobre o tema.

Assim como mostrado na Figura 7, para uma margem de erro de 10%, é necessária uma amostra com 83 respondentes. Sendo assim, o presente estudo representa uma análise preliminar, servindo como base para reflexão e discussão a respeito do tema. Isto é, estatisticamente não é possível a aplicação de nenhuma ferramenta, por conta do número de respondentes que a pesquisa obteve, mas adequa-se para uma reflexão e base inicial para expandir o estudo em outro momento ou através do suporte de órgãos como a Câmara Brasileira da Indústria 4.0 (Câmara I4.0).⁷

Figura 7: População, amostra e margem de erro

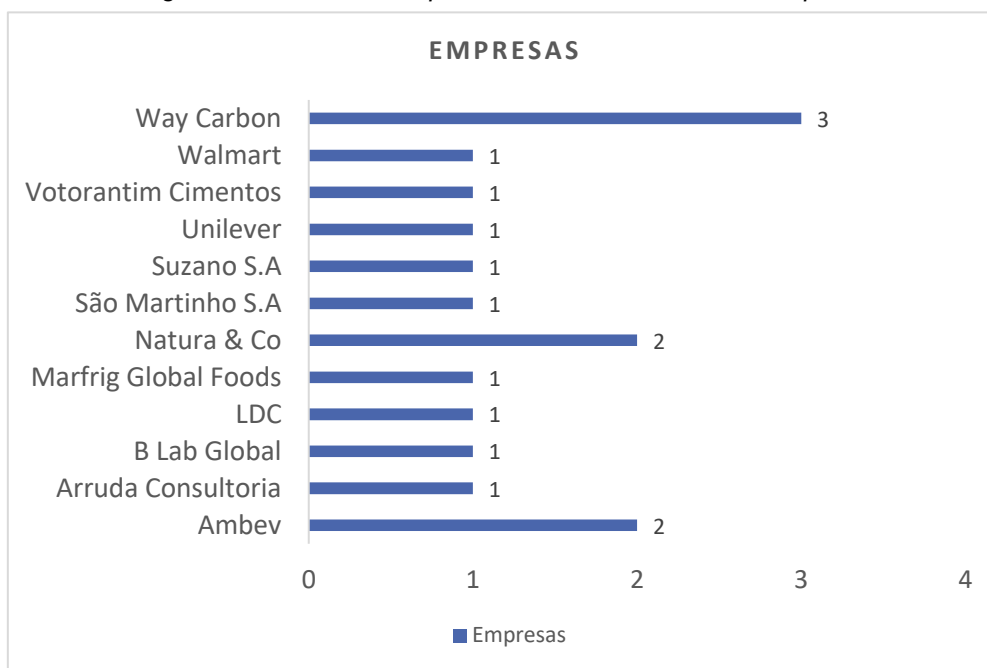
População	Margem de erro desejada			
	1%	3%	5%	10%
< 1.000			222	83
1.000			286	91
3.000		1.364	353	97
4.000		1.538	364	98
5.000		1.667	370	98
7.000		1.842	378	99
10.000	5.000	2.000	383	99
20.000	6.667	2.222	392	100
50.000	8.333	2.381	397	100
100.000	9.091	2.439	398	100
>100.000	10.000	2.500	400	100

Fonte: (ARKIN, 1971)

⁷ <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/camara-industria>

Ao todo foram contabilizadas, 17 respostas coletadas de pessoas que trabalham atualmente em 12 empresas distintas. Um dos respondentes não especificou qual o nome e ramo da empresa na qual ele trabalha. O detalhamento da amostra por empresa, é observado na Figura 8. Além disso, pode-se observar através da amostra, quais são os ramos de negócio, das empresas dos respondentes, como mostra a Figura 9.

Figura 8: Número de respondentes de acordo com a empresa

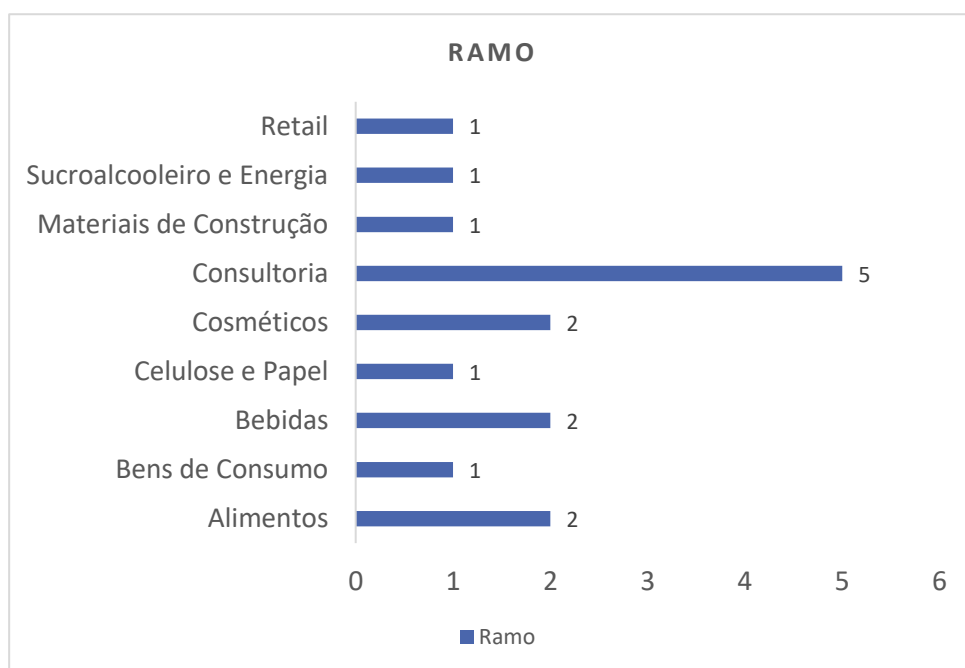


Fonte: Arquivo Pessoal

É pertinente perceber que a amostra de respondentes, em sua maioria trabalha em grandes empresas multinacionais ou nacionais. Notando-se ainda que dentro dos específicos setores de atuação de cada uma, elas correspondem a uma fatia grande do mercado no qual estão inseridas. Como é o caso da AB InBev (Ambev), onde alcançou um *Market Share* global de 27,4% em 2022, sendo a líder do mercado cervejeiro.⁸

⁸ <https://www.statista.com/statistics/257677/global-market-share-of-the-leading-beer-companies-based-on-sales/>

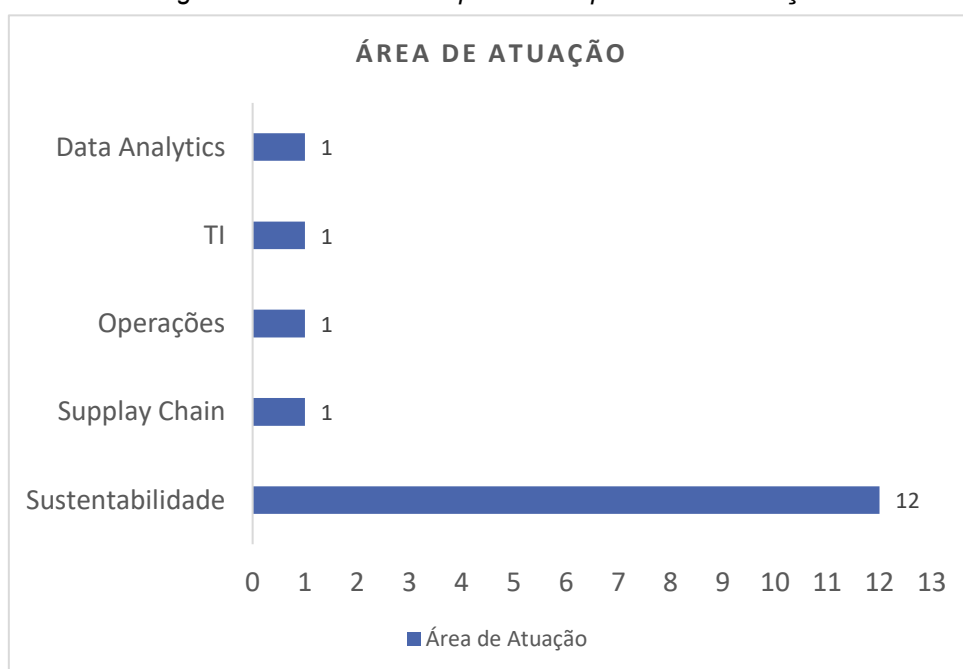
Figura 9: Número de respondentes por ramo empresarial



Fonte: Arquivo Pessoal

Além da diversidade de empresas e ramos, é possível observar na amostra as principais áreas de atuação dos respondentes (Figura 10). É importante destacar, que o foco da pesquisa foi em pessoas que trabalham com sustentabilidade, porém é extremamente plausível considerar a respostas de outras áreas, buscando entender como o tema tem visibilidade dentro da empresa como um todo.

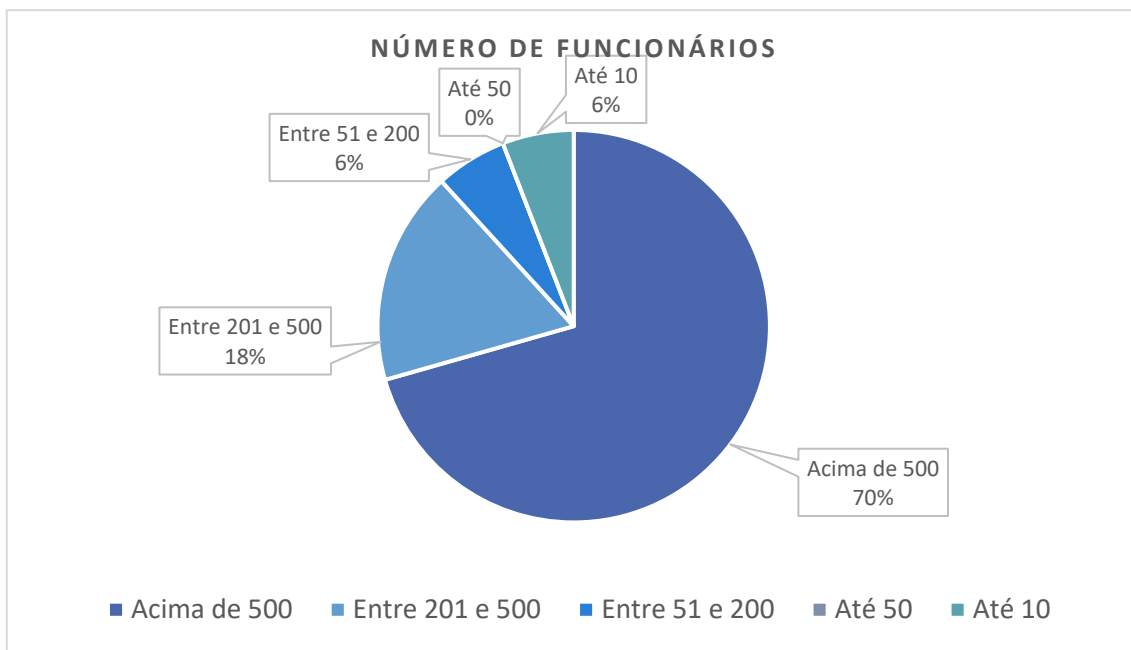
Figura 10: Número de respondentes por área de atuação



Fonte: Arquivo Pessoal

Ainda foi possível mapear o tamanho da empresa dos respondentes, onde 12 dos 17 respondentes trabalham em empresas com mais de 500 funcionários, assim como mostra a Figura 11.

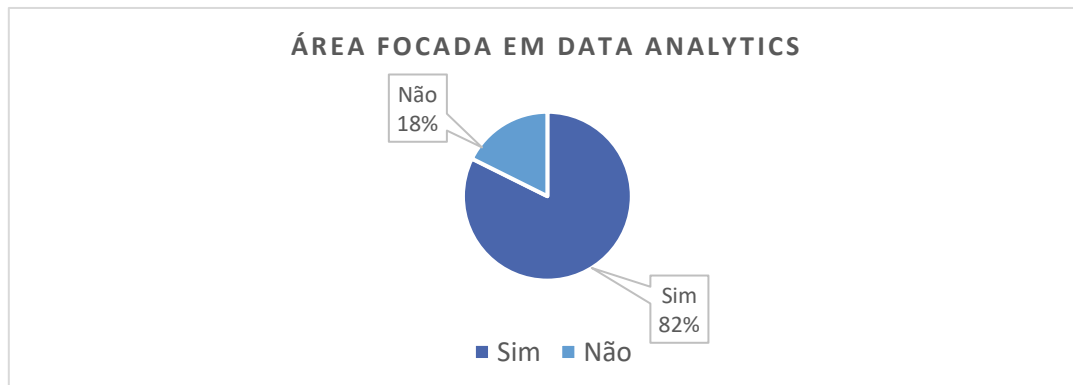
Figura 11: Número de funcionários das empresas dos respondentes



Fonte: Arquivo Pessoal

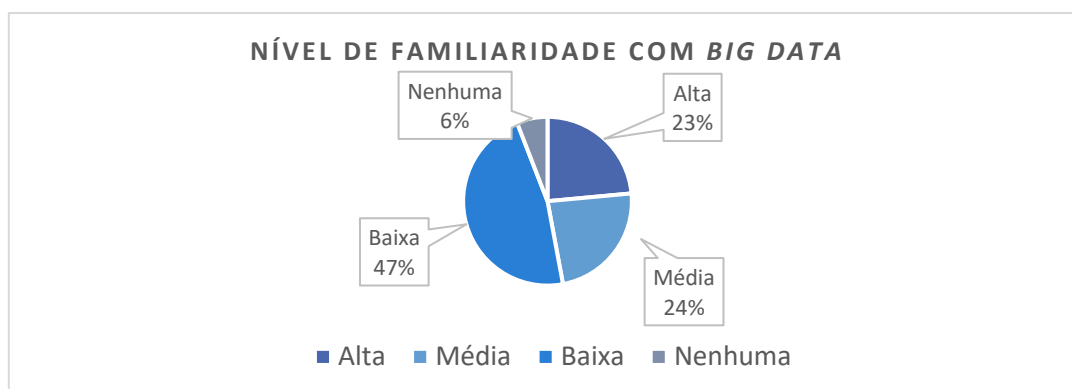
Além do mais, as perguntas sobre a área de *Data Analytics* e qual a familiaridade que o respondente possui com as ferramentas de Big Data, bem como a utilização no seu dia a dia, geraram dados bem interessantes, assim como mostra as Figura 12, Figura 13 e Figura 14.

Figura 12: Mapeamento se a empresa do respondente possuía área com *Data Analytics*



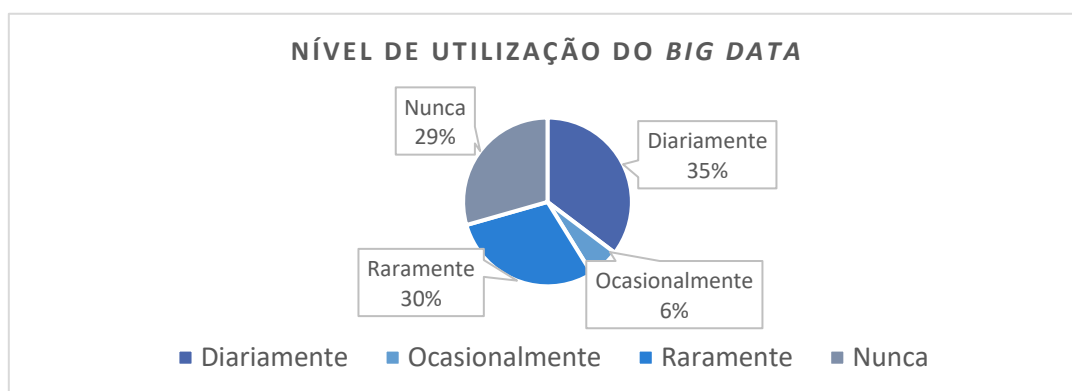
Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 13: Nível de familiaridade dos respondentes sobre Big Data



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 14: Nível de utilização das ferramentas de Big Data dos respondentes



Fonte: Arquivo Pessoal

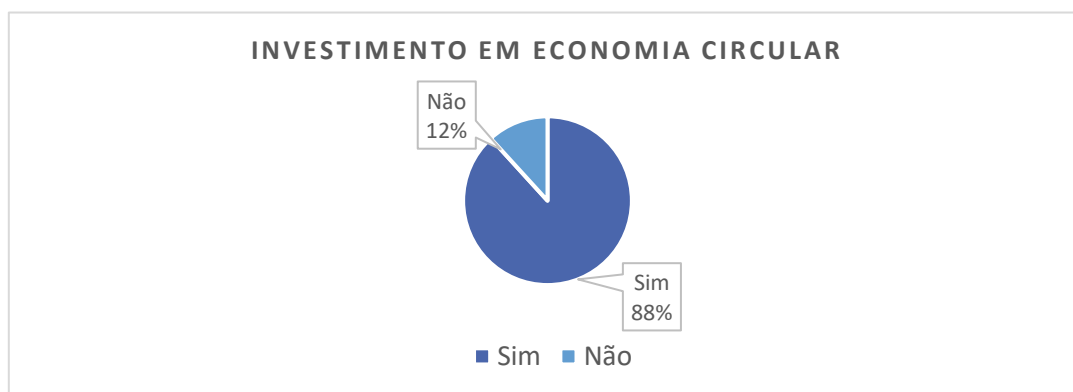
Assim como mostrado, é possível inferir que da porção de respostas obtidas no universo amostral do formulário, a representatividade de empresas com áreas focadas em *Data Analytics* é bem superior a empresas que não possuem tais áreas. Constatando muito do que se identificou no diversos trabalhos apresentados na primeira parte desse estudo. As empresas atualmente estão investindo na área de *Analytics*, para se abastecerem de melhores respostas frente às adversidades. Por essa razão, é notável perceber, como a porcentagem de empresas que já possuem uma área interna focada em *Data Analytics* é altíssima. Conferindo a evidente relevância que as empresas atuais têm dado, em tomadas de decisão estratégicas com base em dados.

Além disso, é interessante perceber que o nível de familiaridade dos respondentes com o tema de Big Data e suas ferramentas, se mostra majoritariamente baixo. Já quando perguntados sobre utilização, é interessante que majoritariamente a utilização diária e rara são as que se destacam. Se destacando nesses dois itens o notório GAP, entre a imensa utilização dessas ferramentas (muitas vezes fomentada

pelo investimento das empresas no setor de *Analytics*), com a disparidade do conhecimento das pessoas, a respeito das mesmas.

Sobre se a empresa investe em Economia Circular ou não, os dados obtidos são apresentados na Figura 15, com predominância das empresas preocupadas e envolvidas com a temática:

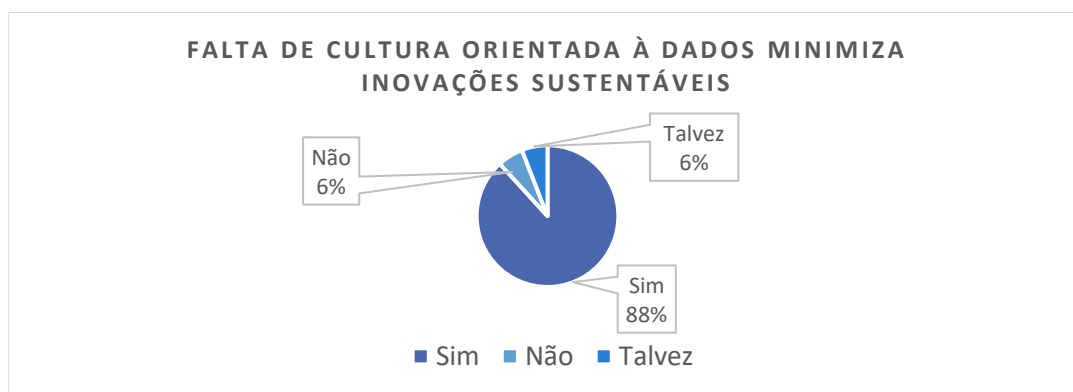
Figura 15: Mapeamento se a empresa do respondente investe em Economia Circular



Fonte: Arquivo Pessoal

Iniciando-se a segunda seção do formulário chamada “Colaboração”, foi possível entender primeiramente o quanto o respondente acreditava que uma falta de cultura empresarial orientada à dados, minimizaria a chance de inovação sustentável da empresa, assim como mostra a Figura 16 **Error! Reference source not found.**, e é interessante verificar que 88% dos respondentes confirmaram essa teoria.

Figura 16: Percepção dos respondentes acerca da cultura orientada à dados

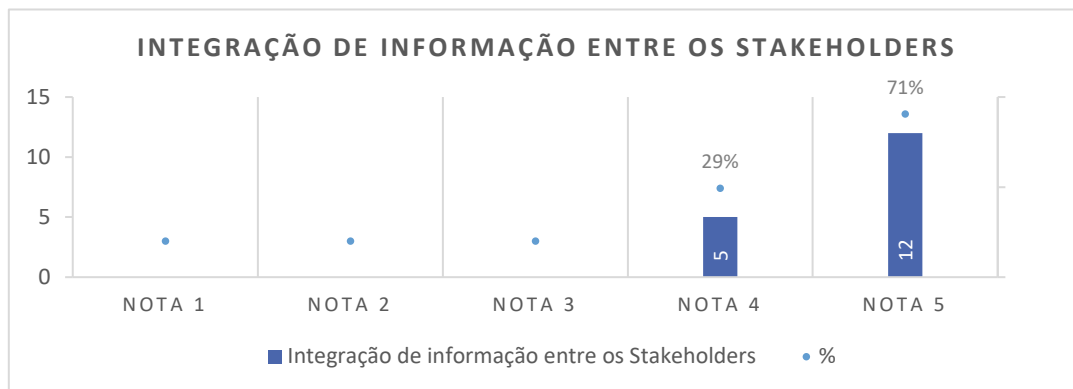


Fonte: Arquivo Pessoal

Ainda na segunda seção, foi possível entender a confiabilidade dos respondentes acerca das ferramentas de Big Data para: auxiliarem na integração de informações entre os diferentes *stakeholders* da empresa, melhorarem a visibilidade das etapas da cadeia produtiva e ainda auxiliarem na implementação de uma logística reversa, assim como mostra as Figura 17, Figura 18 e Figura 19 **Error! Reference source not found.** É

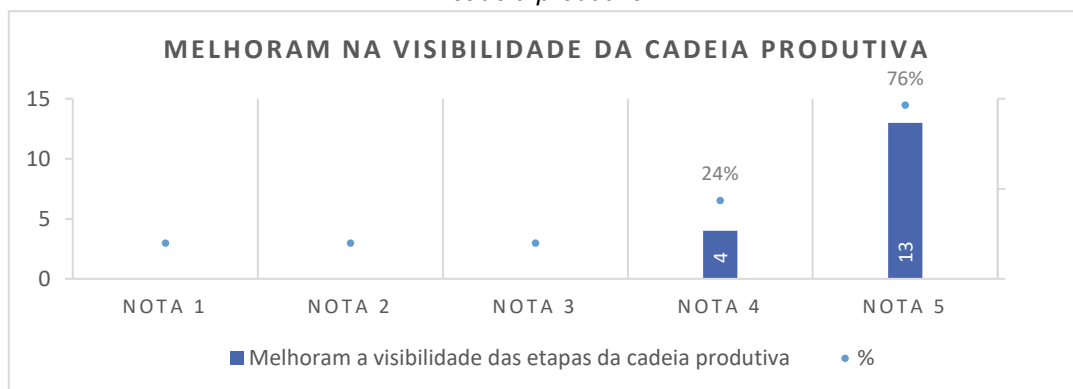
notável que +70% dos respondentes apresentaram alto grau de confiabilidade nas ferramentas (nota 5) para todas as questões levantadas, com destaque para a utilização das mesmas para a implementação de uma logística reversa que obteve 88% de confiabilidade (nota 5).

Figura 17: Percepção percentual do respondente acerca da integração de informação entre os stakeholders



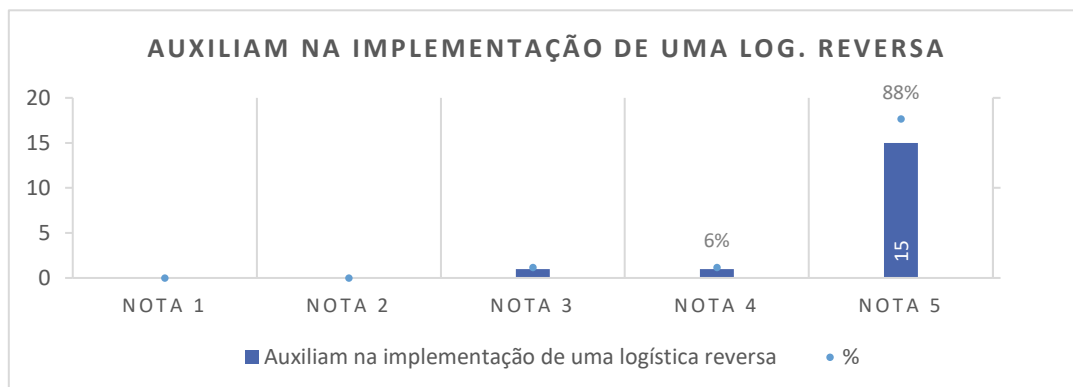
Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 18: Percepção percentual do respondente acerca do melhoramento da visibilidade da cadeia produtiva



Fonte: Arquivo Pessoal

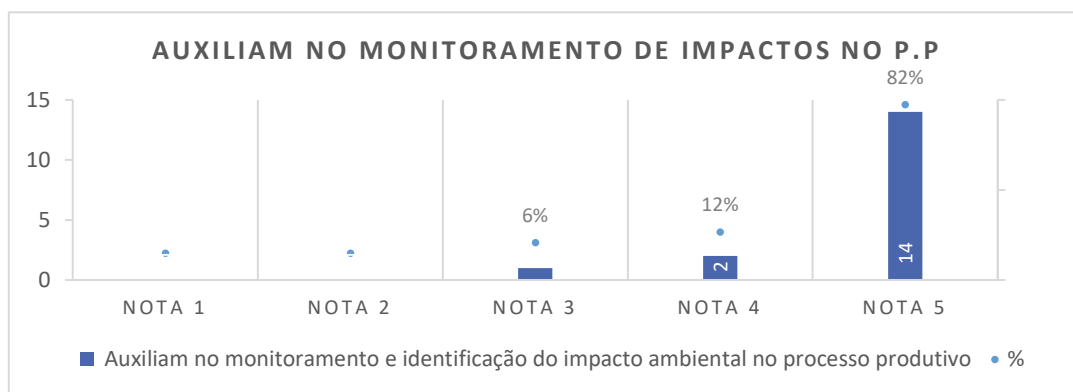
Figura 19: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio na implementação de uma Logística Reversa



Fonte: Arquivo Pessoal

Inaugurando a terceira seção sobre “Transparência e Rastreabilidade”, foi possível diagnosticar se os respondentes acreditam que as ferramentas de Big Data auxiliam no monitoramento e na identificação de impactos ambientais no processo produtivo, e ainda, se auxiliam no rastreamento do produto final pós consumo, como mostra as Figura 20 e Figura 21:

Figura 20: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio das ferramentas no monitoramento de impactos ambientais



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 21: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio das ferramentas no rastreamento pós consumo

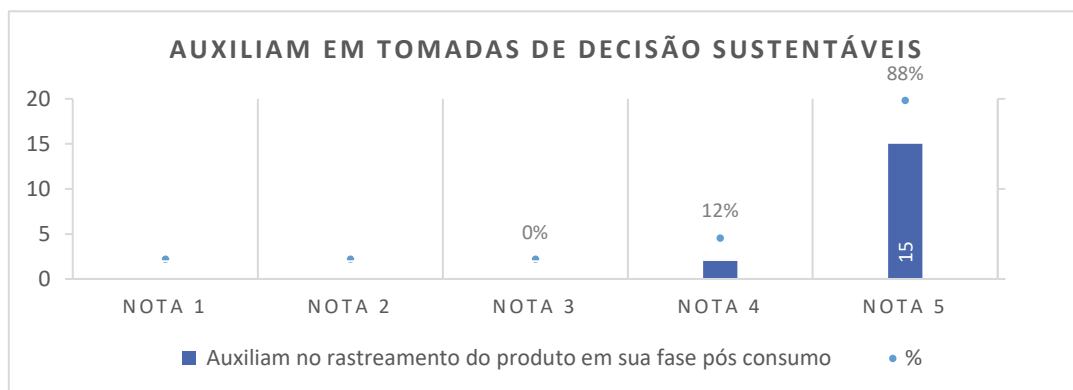


Fonte: Arquivo Pessoal

De acordo com Marquesone, R. et al. (2022), assim como já citado, tais ferramentas podem facilitar grandemente o monitoramento de impactos causados por todo o processo produtivo. A partir disso, entre as pessoas que responderam o formulário proposto, 82% consideram que as ferramentas realmente facilitam (nota 5) o monitoramento de impactos na cadeia produtiva e 71% consideram que as ferramentas também facilitam no rastreamento pós consumo. Porém, é interessante notar que para essas perguntas obteve-se 6% de respostas, onde os respondentes julgaram intermediário (nota 3) o auxílio de tais ferramentas.

Inaugurando a terceira seção, sobre “Compreensão e Tomada de Decisão”, a primeira questão foi referente ao auxílio no processo de tomada de decisão sustentáveis da empresa, onde 88% dos respondentes consideraram um excelente auxílio (nota 5) e 12% bom (nota 4), assim como mostra a Figura 22.

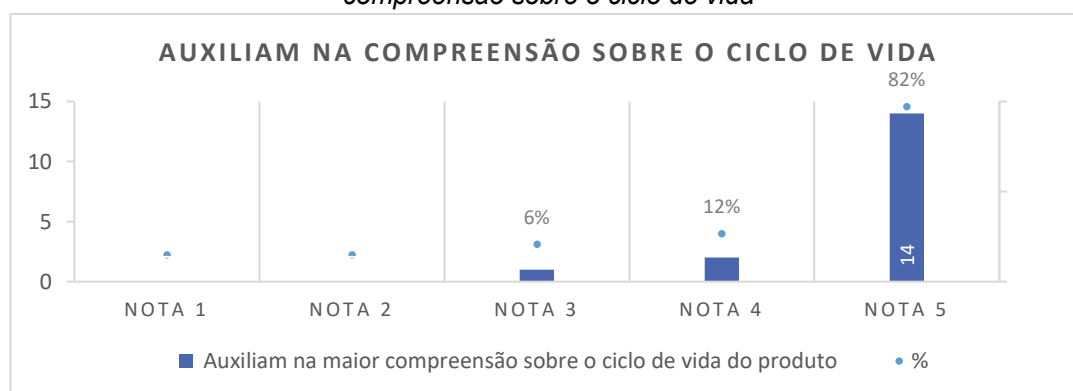
Figura 22: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio das ferramentas em tomadas de decisões sustentáveis



Fonte: Arquivo Pessoal

A segunda questão da seção, indaga sobre a simplificação na compreensão sobre o ciclo de vida do produto, reduzindo incertezas sobre ele. E na amostra de respostas obtidas, 82% dos participantes relataram ter sim uma maior compreensão através das ferramentas (nota 5), 12% relataram que auxilia (nota 4) e 6% relataram ser intermediário esse auxílio (nota 3), assim como Figura 23.

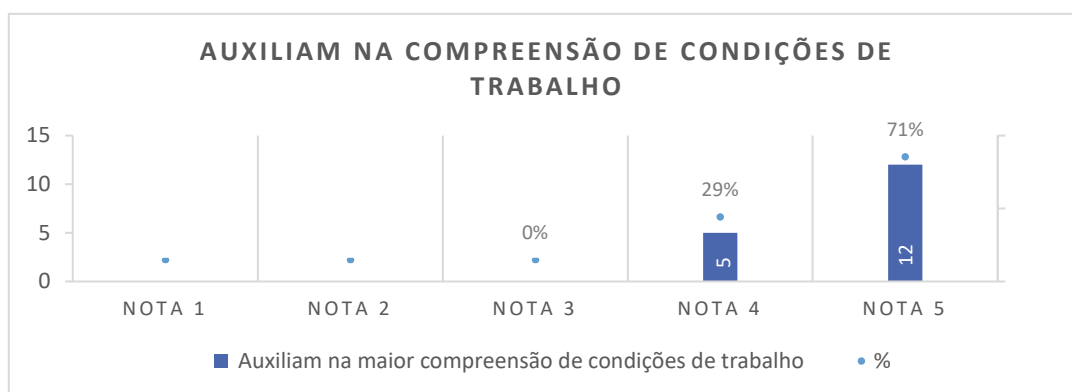
Figura 23: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio das ferramentas na compreensão sobre o ciclo de vida



Fonte: Arquivo Pessoal

A terceira questão da seção, é a respeito da compreensão sobre condições de trabalho, tanto de fornecedores quanto de colaboradores interno, possibilitando a identificação de condições sociais e ambientais a serem sanadas. E assim como mostra a Figura 24, 71% dos respondentes da amostra classificaram com nota 5 e 29% com nota 4.

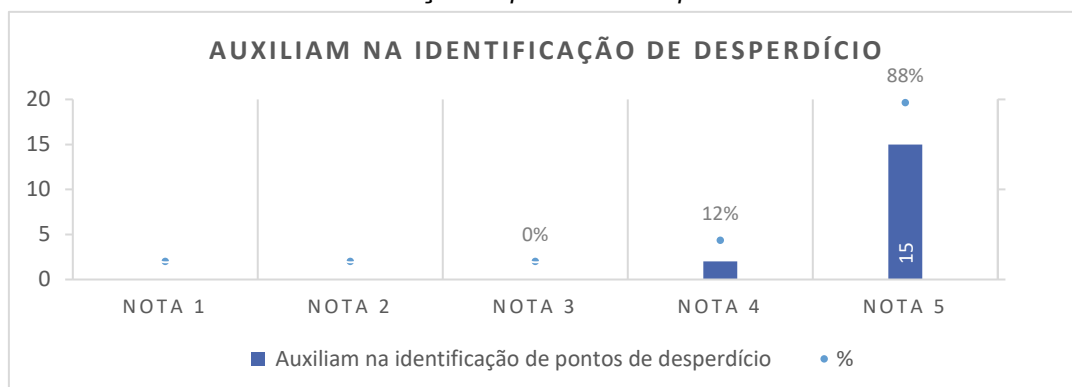
Figura 24: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio das ferramentas na compreensão de condições de trabalho



Fonte: Arquivo Pessoal

A quarta questão da seção, busca compreender o quanto os respondentes acreditam que as ferramentas auxiliam na identificação de pontos de desperdício, acúmulo e perdas durante o processo produtivo (Figura 25). Para essa questão, 88% deles acreditam que auxiliam imensamente (nota 5), contra 12% que acreditam que auxiliam bem (nota 4).

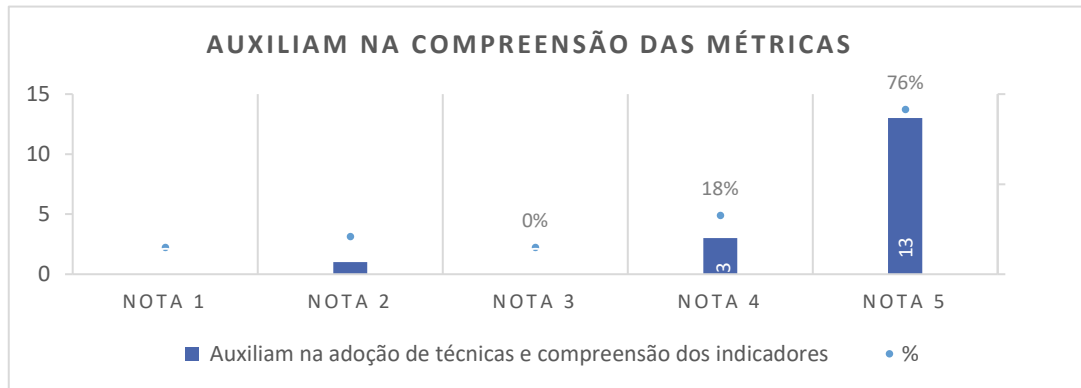
Figura 25: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio das ferramentas na identificação de pontos de desperdício



Fonte: Arquivo Pessoal

Já para a quinta pergunta da seção, 76% dos respondentes acreditam que as ferramentas são extremas auxiliadoras na adoção de técnicas de análise descritiva, compreensão de métricas e da maior clareza dos indicadores de sustentabilidade. Porém, é interessante notar que 1 das respostas dessa pergunta obteve nota 2, ou seja, mesmo com as ferramentas o respondente acha difícil extrair compreensão das métricas utilizadas em seu dia a dia com o trabalho de sustentabilidade (Figura 26).

Figura 26: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio das ferramentas na adoção de técnicas de análise descritiva, a compreensão das métricas e dos indicadores de sustentabilidade

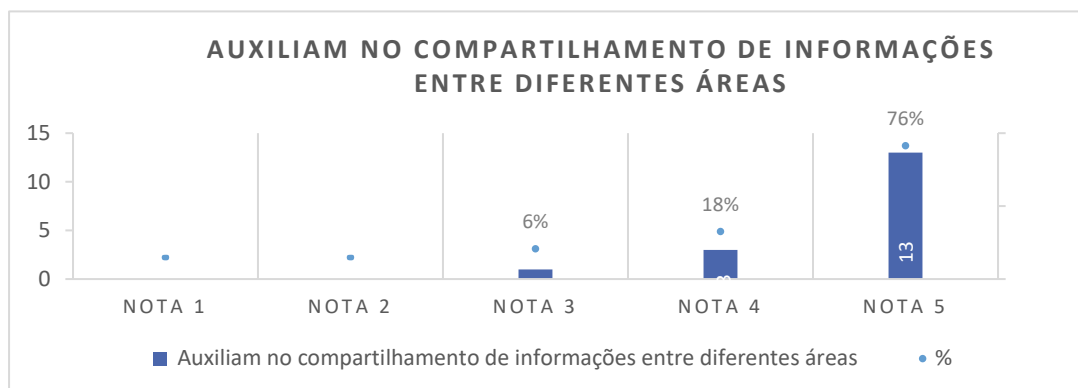


Fonte: Arquivo Pessoal

É interessante identificar que mesmo com uma amostra consideravelmente pequena de respondentes, para esse item questionado um voto de “discordo significativamente” (nota 2), evidenciou-se. Revelando que muitas vezes à falta de conhecimento sobre algum KPI pelo analista de sustentabilidade, não é facilitada por dashboards com dados atualizados, computação na nuvem etc. Evidenciando, que tais ferramentas em muitos casos não conseguem extrair uma compreensão mais clara das métricas, por parte dos stakeholders dos times de sustentabilidade.

Já na quinta e última seção, na qual aborda o tema de monitoramento e previsão, assim como mostra a Figura 27, 76% dos respondentes acreditam que as ferramentas auxiliam fortemente no compartilhamento de informações entre diferentes áreas da empresa. Facilitando assim o monitoramento conjunto de diversas métricas, gerando diferentes perspectivas sobre o assunto e auxiliando na tomada de decisão prévias, bem como na criação de previsões.

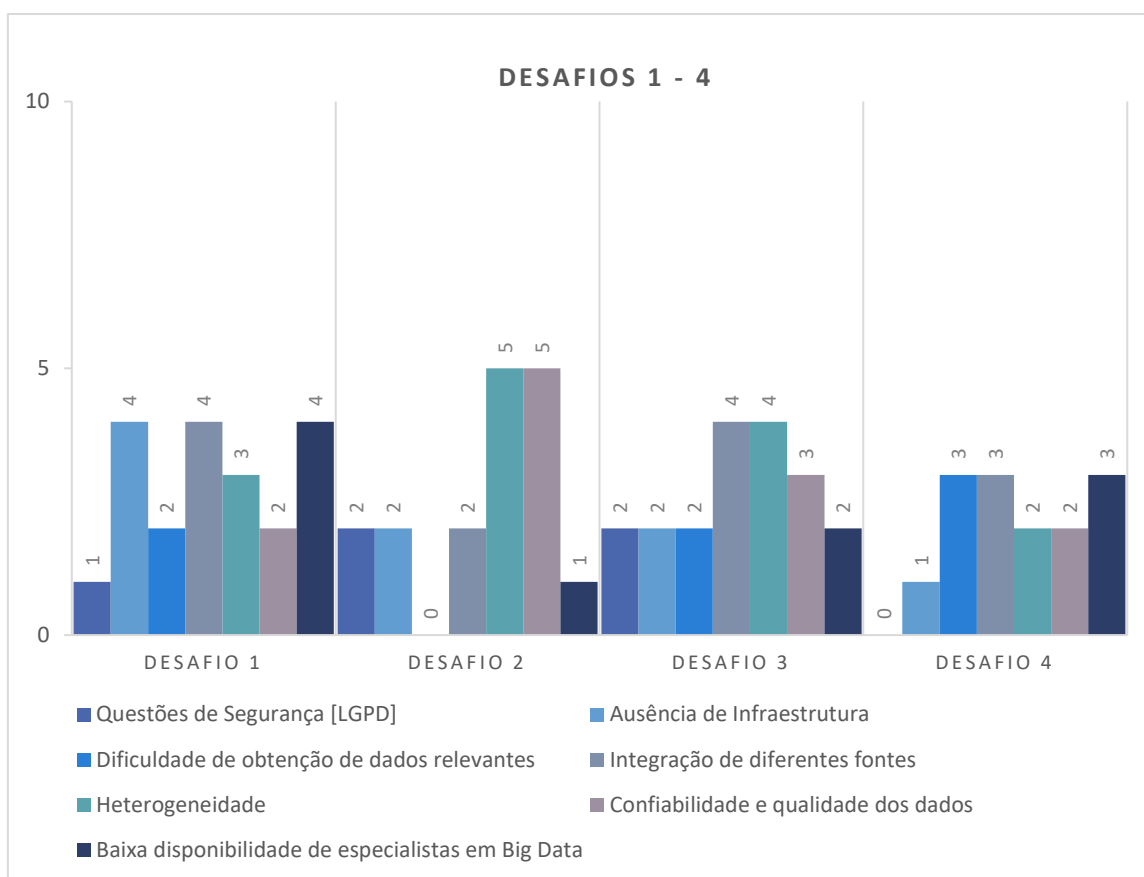
Figura 27: Percepção percentual do respondente acerca do auxílio das ferramentas no compartilhamento de informações entre diferentes áreas



Fonte: Arquivo Pessoal

Na última parte, foi pedido para os respondentes elencarem o que é mais desafiador sobre o tema no cotidiano das empresas, os desafios foram respondidos em ordem crescente, do mais desafiador para o menos (Figura 28). Como é possível notar, o mais desafiador para os respondentes, foi a ausência de infraestrutura robusta para coleta e armazenagem de dados, a dificuldade de integração de dados de diferentes fontes e ainda a baixa disponibilidade de especialistas em Big Data no mercado. Para o segundo maior desafio, já se nota o aparecimento da questão de confiabilidade e qualidade dos dados obtidos, na mesma proporção da heterogeneidade e falta de padronização dos dados. Elencado como terceiro maior desafio, voltam a aparecer algumas métricas já citadas e listado como quarto desafio, é interessante notar o aparecimento da dificuldade de obtenção de dados relevantes.

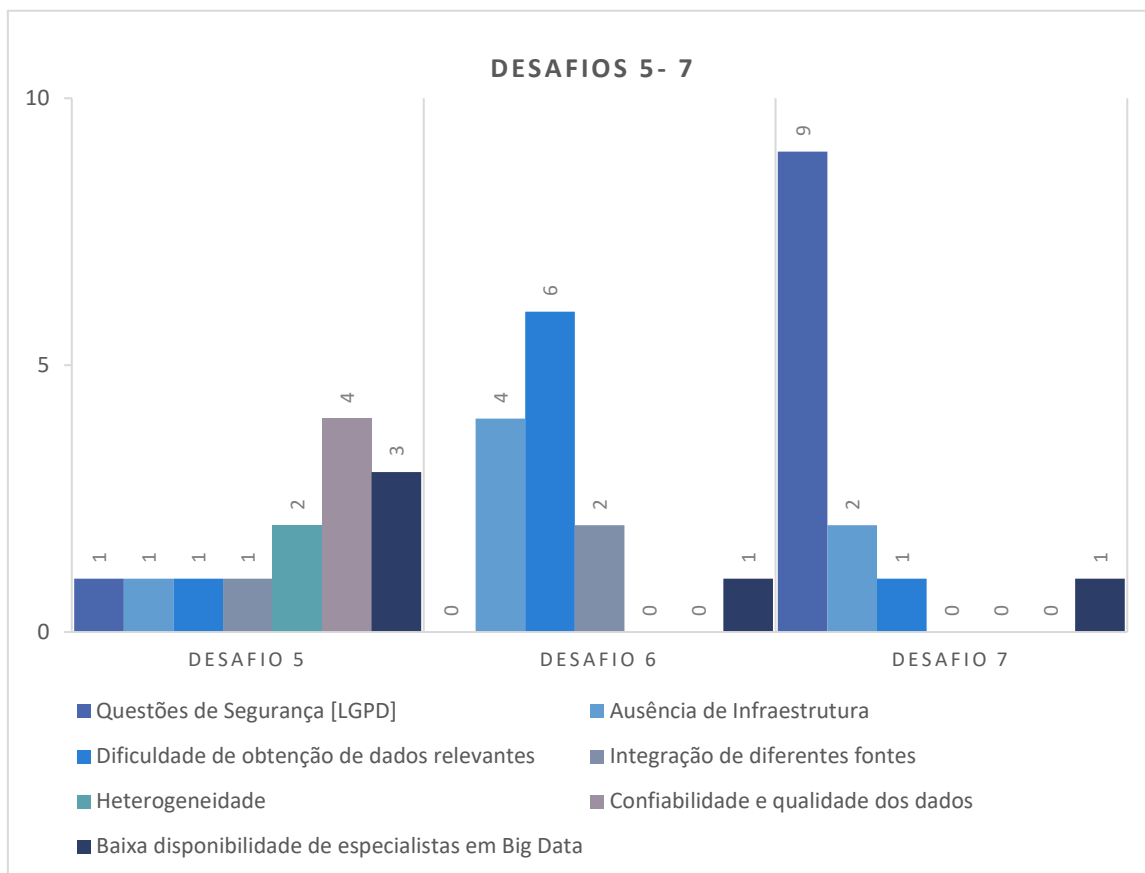
Figura 28: Maiores desafios



Fonte: Arquivo Pessoal

Já para os outros desafios, é interessante notar o aparecimento em último colocado, majoritariamente das questões de segurança [LGPD], mostrando que essa métrica não aparenta ser uma adversidade tão grande frente aos outros desafios impostos pelo tema, como já citado (Figura 29).

Figura 29: Outros desafios



Fonte: Arquivo Pessoal

Foi possível ainda, obter um comentário sobre o tema mostrando um pouco mais da percepção e vivência de uma das respondentes:

‘Apesar do tema estar em alta e sempre nas discussões internas da empresa, é perceptível a falta de conhecimento de grande parte dos colaboradores na utilização dessas ferramentas. A cultura do “Excel e Powerpoint” ainda é muito forte, e muitas pessoas não sabem manusear ferramentas básicas como Power BI. A má interpretação de dados também é um problema. Para mim, que trabalho bastante com ferramentas de BI, acho que ainda vai levar um tempo pra essas ferramentas se tornarem populares dentro das empresas.’ (ANÔNIMO, 2023)

4.2 Levantamento de ações e projetos tomados por empresas

Nessa seção, será apresentado alguns exemplos de soluções, projetos e ações utilizados nas empresas, demonstrando como o Big Data já vem apoiando as empresas na melhoria de estratégias voltadas à sustentabilidade.

Solução 1 – Product Development Solution (PDS) – Braskem: Através de *machine learning* a solução desenvolvida pela empresa, recomenda aos times de Desenvolvimento de Produto a formulação mais ideal para produção de produtos pós-consumo (PCR). A implementação dessa solução acarreta diversos benefícios e ainda, auxilia a empresa a atingir compromissos firmados acerca do desenvolvimento mais sustentável.⁹ (BRASKEM)

Solução 2 – Reutilização de embalagens – Unilever: A companhia que conta com uma meta ambiciosa de até 2025, possuir todas as suas embalagens plásticas reutilizáveis, recicláveis ou compostáveis, vem testando um projeto piloto com estações de refil. Além disso, um dos ensinamentos que o projeto piloto já trouxe, foi a influência das soluções digitais, como aplicativos ou assinaturas online. Oferecendo um enorme potencial quando se trata de refis, facilitando o acesso do consumidor às recargas dos produtos que necessita.¹⁰ (UNILEVER, 2020)

Solução 3 – ConnectFARM + Ambev: A agtech ConnectFARM, tem o intuito de fornecer recomendações assertivas ao produtor à respeito do seu sistema produtivo. Ela foi uma das selecionadas no programa 100+ Labs Brasil, da Ambev que tem como objetivo estimular iniciativas, projetos e soluções que geram impactos positivos para o meio ambiente. A ConnectFARM foi escolhida, por utilizar algoritmos como ferramenta para aumentar a produtividade nas lavouras de forma sustentável, incluindo até a captura de carbono.¹¹ (CAVALHEIRO, 2023)

Solução 4 – Tecidos Sustentáveis – EcoSimple: A EcoSimple é uma empresa brasileira especializada na produção de tecidos sustentáveis, feitos de matérias-primas recicláveis, orgânicas e naturais. Onde 500g de tecido reciclados + 8 unidades de garrafa pet, se tornam 1 metro de tecido EcoSimple.

Traçando um paralelo mais claro com a indústria química é possível notar, com os exemplos de projetos, que o profissional Engenheiro Químico muitas vezes no cotidiano tem que lidar com soluções de Big Data voltadas à área de Sustentabilidade ou Segurança e Meio Ambiente, visando melhorias estratégicas em processos. Assim como mostrado, se vê cada vez mais presente a interseção dos temas: Big Data e Sustentabilidade Industrial, sugerindo extrema relevância na interdisciplinaridade dos tópicos. Sendo claro, a importância de se abordar o assunto na matriz curricular do curso

⁹ <https://www.braskem.com.br/inovacao>

¹⁰ <https://www.unilever.com.br/news/2020/reuse-refill-rethink-plastic/>

¹¹ <https://www.canalrural.com.br/agricultura/agronegocio/programa-de-inovacao-da-ambev-seleciona-agtech-especializada-em-inteligencia-artificial/>

em alguma disciplina atual ou optativa, como forma de agregação de conhecimento prático de como as indústrias atuais estão trabalhando para atingir suas metas de sustentabilidade, fomentando a formação mais precisa e contemporânea de profissionais da área.

5 CONCLUSÃO

O trabalho em questão, abordou dois conceitos extremamente ricos e relevantes para a atualidade, o Big Data e a Economia Circular. A análise de como as ferramentas de Big Data podem impulsionar o desenvolvimento mais sustentável das empresas, foi escolhido pela necessidade de se entender e fomentar a intersecção dos temas no cotidiano das empresas brasileiras. Desta forma, questionou-se analistas, gestores, empreendedores e colaboradores de empresas nacionais e multinacionais, a fim de mapear a percepção dos mesmos sobre o tema, bem como compreender as ações e práticas já inseridas no mercado nacional. Além disso, foi possível ainda realizar um levantamento de exemplos de soluções e projetos que estão trazendo mais eficiência e benefícios nas estratégias de sustentabilidade empresarial.

Através dos resultados da pesquisa realizada, foi possível notar que para todas as questões abordadas mais de 70% dos respondentes elencou com nota 5, ou seja, que concordam plenamente com o apoio das ferramentas de Big Data à frente dos desafios da área de sustentabilidade. Além disso, foi possível observar que tanto áreas focadas em Data Analytics, quanto Economia Circular são temas que vem recebendo bastante investimento por parte das empresas. Vale a pena ainda, retomar a discrepância observada nas altas porcentagens de respondentes que não possuíam conhecimento nenhum sobre as ferramentas, porém utilizavam-nas abundantemente no seu dia a dia.

Ademais, levantou-se ainda alguns exemplos utilizados em indústrias e empresas brasileiras, onde a união de tecnologia de Big Data com processos internos e externos, vem facilitando o atingimento de metas de sustentabilidade.

Por fim, é de extrema importância que continue havendo debates, reflexões e discussão a respeito do assunto, para que cada vez mais haja o incentivo à outras empresas na adoção de uma Economia Circular, e na facilitação do atingimento de metas de sustentabilidade.

Reflexões para futuras pesquisas, artigos e ações sobre o tema, é recomendado o desenvolvimento de padrões e diretrizes específicas, no que diz respeito ao questionamento do mercado a respeito de como o Big Data influencia o desenvolvimento sustentável das indústrias. Sendo assim, que ocorra a inclusão de uma definição de critérios de qualidade dos dados, melhores práticas de coleta e compartilhamento. Além disso, pode-se ainda citar o incentivo de parcerias público-privadas e o compartilhamento de bancos de dados, facilitando o acesso à informação dos pesquisadores, impulsionando assim inovações no tema.

- AGNES TOTH-PETER, E. A. Industry 4.0 as an enabler in transitioning to circular business models: A. **Elsevier Ltd**, 2023.
- ANÔNIMO. Pesquisa: UTILIZAÇÃO DE BIG DATA NO IMPULSIONAMENTO DO DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL SUSTENTÁVEL , 2023.
- ARKIN, H. & R. R. **Tables for statisticians**. [S.l.]: [s.n.], 1971.
- AS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, 2023. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/about/about-the-un>>. Acesso em: set. 2023.
- BIG DATA FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2023. Disponível em: <<https://www.un.org/en/global-issues/big-data-for-sustainable-development>>. Acesso em: set. 2023.
- BRASKEM. Inovação na Braskem. Disponível em: <<https://www.braskem.com.br/inovacao>>. Acesso em: dez. 2023.
- CAMPAROTTI, C. ANÁLISE DA SIMBIOSE INDUSTRIAL POR MEIO DA SIMULAÇÃO BASEADA EM AGENTES: APLICAÇÃO NO SETOR AGROINDUSTRIAL, São Carlos, 2020.
- CAVALHEIRO, G. Programa de inovação da Ambev seleciona agtech especializada em inteligência artificial, 2023. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/agricultura/agronegocio/programa-de-inovacao-da-ambev-seleciona-agtech-especializada-em-inteligencia-artificial/>>. Acesso em: dez. 2023.
- CHERTOW M., INDUSTRIALSYMBIOSIS: Literature andTaxonomy, 2000.
- CONTRIBUIÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO I. **Mudança do Clima 2021 - A Base Científica**. Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. [S.l.]: [s.n.]. 2021. p. 7.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Ellen MacArthur Foundation, 2012. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/nestle>>. Acesso em: 2023.
- GABRIEL, J. P. A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO QUÍMICO E A INDÚSTRIA 4.0 -, São Carlos, 2021.
- GANDOMI A., H. M. Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics, 2014.
- GARDETE, P. V. N. INSERÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR: ESTUDO DE CASO PARA, São Carlos, 2022.
- GARTNER IT Glossary, n. d. Disponível em: <<https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/big-data>>. Acesso em: 12 set. 2023.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. **Bioeconomics**: a new look at the nature of economic activity. [S.l.]: University f Michigan, v. p. 105-134, 1977.
- HASHEMA I. A. T., E. A. Theriseof“bigdata”oncloudcomputing:Reviewandopen researchissues. **Elsevier Ltd**, 2014.

HISTÓRIA da ONU, 2023. Disponível em: <<https://unric.org/pt/historia-da-onu/>>. Acesso em: set. 2023.

IBGE. Hub brasileiro para inovação em big data é inaugurado hoje em evento da Cepal. **IBGE**, 2021. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/32302-hub-brasileiro-para-inovacao-em-big-data-e-inaugurado-hoje-em-evento-da-cepal>>. Acesso em: set. 2023.

INAVANOV, T.; KORFIATIS, N. On the inequality of the 3V's of Big Data Architectural Paradigms: A case for heterogeneity, Frankfurt, Germany, 2013.

LANEY DOUG,. 3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity and Variety, 2001.

LOPES DE SOUSA JABBOUR, A. B. . J. C. J. C. . G. F. M. . R. D. Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original, 2018. ISSN <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2772-8>.

MACARTHUR, F. E. What is Circular Economy. **Ellen MacArthur Foundation**, 2012. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>>. Acesso em: 2023.

MARQUESONE R ET AL,. Big Data e Tecnologias Digitais Aplicadas à Economia Circular: Oportunidades para Cadeias Produtivas mais Sustentáveis, 2022.

MARQUESONE R. F. P. Modelo de Implementação de Big Data como apoio na transição para a economia circular na Indústria Têxtil, São Paulo, 2022.

NESTLÉ. **Key actions to fight plastic pollution**, 2021. Disponível em: <<https://www.nestle.com/sustainability/waste-reduction/actions-plastic-pollution>>. Acesso em: 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Até 2050 serão necessários três planetas para suprir necessidades da população mundial, alerta ONU, 2013. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/62697-at%C3%A9-2050-ser%C3%A3o-necess%C3%A1rios-tr%C3%AAs-planetas-para-suprir-necessidades-da-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-alerta#:~:text=mundial%20alerta%20ONU-,At%C3%A9%202050%20ser%C3%A3o%20necess%C3%A1rios%20tr%C3%AAs%20>>. Acesso em: dez. 2023.

OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO BRASIL, 2023. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br>>. Acesso em: set. 2023.

PEARCE, D. W.; MARKANDYA, A.; BARBIER, E. E. **Blueprint for a green economy**. London, UK: Earth scan Publication, 1989.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K.; TURNER, R. K. **Economics f natural resources and the environment**. [S.l.]: Johns Hopkins University Press, 1990.

REINSEL D. ET AL. Data Age 2025: The Evolution of Data to Life-Critical (IDC White Paper). **Seagate**, 2017.

TEAM SVITLA. SVITLA. **Top Tools for Big Data Analytics**, 2023. Disponível em: <<https://svitla.com/blog/top-tools-for-big-data-analytics>>. Acesso em: 2023.

UNILEVER. Reutilizar. Refil. Repensar. Nosso progresso em direção à revolução das embalagens, 2020. Disponível em: <<https://www.unilever.com.br/news/2020/reuse-refill-rethink-plastic/>>. Acesso em: 12 Dezembro 2023.

WANG, N. . R. S. . L. Y. . Y. M. . W. J. . H. D. . An active preventive maintenance approach of complex equipment based on a novel product-service system operation mode, 2020. ISSN <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123365>.