

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

BRUNA CRISTINA DO NASCIMENTO SILVA DELANHESE

**INDÚSTRIA 4.0 E SUSTENTABILIDADE: ANÁLISE DOS IMPACTOS E
PROPOSTA DE DIRETRIZES**

CAMPINAS/SP

2023

PUC-CAMPINAS

INDÚSTRIA 4.0 E SUSTENTABILIDADE: ANÁLISE DOS IMPACTO E PROPOSTA DE DIRETRIZES
BRUNA CRISTINA DO NASCIMENTO SILVA DELANHESE

2023

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS
ESCOLA DE ECONOMIA E NEGÓCIOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM
SUSTENTABILIDADE

BRUNA CRISTINA DO NASCIMENTO SILVA DELANHESE

Indústria 4.0 e Sustentabilidade: Análise dos impactos e proposta de diretrizes

Dissertação apresentada com o propósito de obter o título de mestre no curso de Mestrado em Sustentabilidade, junto ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Sustentabilidade, da Escola de Economia e Negócios da Pontifícia Universidade Católica de Campinas.

Orientador: Prof. Dr. Orandi Mina Falsarella

CAMPINAS/SP

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS
ESCOLA DE ECONOMIA E NEGÓCIOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM
SUSTENTABILIDADE
BRUNA CRISTINA DO NASCIMENTO SILVA DELANHESE

INDÚSTRIA 4.0 E SUSTENTABILIDADE: ANÁLISE DOS IMPACTOS E
PROPOSTA DE DIRETRIZES

Dissertação defendida em 28 de novembro de 2023:

Prof. Dr. Orandi Mina Falsarella
Orientador e Presidente da comissão
examinadora.
Pontifícia Universidade Católica de Campinas

Prof. Dr. Ernesto D. R. Santibañez Gonzalez
Membro externo
Universidade Paulista - UNIP

Prof. Dr. Diego de Melo Conti
Membro interno
Pontifícia Universidade Católica de Campinas

CAMPINAS/SP

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por me guiar nessa trajetória, ao Diego Delanhese por todo o incentivo e ajuda para a conclusão do curso, a minha família que é a base de tudo, ao representante da empresa de materiais de construção e produtos afins por ter participado ativamente das entrevistas, aos meus colegas de classe pelo apoio, principalmente durante a minha gestação e a minha filha Júlia que frequentou o curso comigo e me mostrou o significado do amor incondicional.

RESUMO

As tecnologias foram inseridas na economia ao longo das revoluções industriais e trouxeram impactos no contexto social, econômico e ambiental. Apesar da perspectiva promissora, a quarta revolução industrial possui fronteiras bastante difusas. Embora existam riscos, as inovações tecnológicas tendem a crescer nos próximos anos e a implantação do conceito da Indústria 4.0 nas empresas é uma realidade que não tem mais volta. Por outro lado, existe a preocupação com a sustentabilidade e com o desenvolvimento sustentável que ganham cada vez mais discussão e obriga, de certa maneira, o setor empresarial a se adaptar e a atender as exigências do mundo contemporâneo. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo levantar em uma grande empresa de materiais de construção e produtos afins, os impactos da implantação de novas tecnologias que utilizam o conceito de Indústria 4.0 e propor diretrizes sustentáveis para minimizar os impactos negativos. A abordagem metodológica do presente estudo possui caráter qualitativo, de natureza aplicada e de objetivo exploratório. No desenvolvimento do método, foi criada, a partir do referencial teórico, uma relação de 66 impactos causados pela implantação de tecnologias relacionadas a Indústria 4.0 que foi aplicada na empresa de materiais de construção e produtos afins por meio de uma pesquisa em campo. Como resultado, 11 impactos foram observados pelo entrevistado e trouxeram contribuições efetivas para o trabalho. No entanto, 45 impactos, ou seja, a maioria deles foram classificados como não observados, talvez pelo fato de a empresa não ter conhecimento sobre a possibilidade em realizar a análise dos impactos relacionados a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável quando da implantação de tecnologias. Além disso, 10 impactos não se aplicam as tecnologias existentes pelo fato de a empresa ser do segmento varejista. Após a análise dos impactos, foram sugeridas diretrizes sustentáveis para cada impacto negativo, sendo que estes podem ser evitados caso haja um planejamento prévio. Diante dos resultados, conclui-se que o aspecto econômico foi o mais discutido após a aplicação da entrevista e organização dos dados. Espera-se que esse trabalho possa contribuir com outras empresas para que elas analisem os impactos da implantação de tecnologias e que as auxilie a mitigá-los ou evitar os que forem negativos.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Dimensões da Sustentabilidade; Desenvolvimento sustentável; Impactos.

ABSTRACT

The technologies were inserted into the economy throughout the industrial revolutions and brought impacts on the social, economic and environmental context. Despite the promising outlook, the fourth industrial revolution has very diffuse boundaries. Although there are risks, technological innovations tend to grow in the coming years and the implementation of the Industry 4.0 concept in companies is a reality that has no turning back. On the other hand, there is concern about sustainability and sustainable development that is gaining more and more discussion and, in a certain way, forces the business sector to adapt and meet the demands of the contemporary world. In view of the above, this work aims to survey the impacts of implementing new technologies that use the Industry 4.0 concept in a large construction materials and related products company and propose sustainable guidelines to minimize negative impacts. The methodological approach of the present study is qualitative in nature, applied in nature and exploratory in purpose. In developing the method, based on the theoretical framework, a list of 66 impacts caused by the implementation of technologies related to Industry 4.0 was created, which was applied in the construction materials and related products company through field research. As a result, 11 impacts were observed by the interviewee and brought effective contributions to the work. However, 45 impacts, that is, the majority of them were classified as not observed, perhaps due to the fact that the company was not aware of the possibility of carrying out an analysis of impacts related to sustainability and sustainable development when implementing technologies. Furthermore, 10 impacts do not apply to existing technologies due to the fact that the company is in the retail segment. After analyzing the impacts, sustainable guidelines were suggested for each negative impact, which can be avoided if there is prior planning. Given the results, it is concluded that the economic aspect was the most discussed after the interview and data organization. It is hoped that this work can contribute to other companies so that they can analyze the impacts of implementing technologies and help them mitigate them or avoid negative ones.

Keywords: Industry 4.0; Dimensions of sustainability; Sustainable development; Impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Da Revolução Industrial à Indústria 4.0.....	17
Figura 2: <i>Tripple Botton Line</i>	24
Figura 3: Linha do tempo.	29
Figura 4:Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	30
Figura 5: Impactos conforme classificação.	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comparando a perspectiva ESG básica e a Agenda 2030, quanto a avaliação da sustentabilidade empresarial.....	36
Quadro 2: Principais impactos.....	47-50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Diretrizes de inovação tecnológica sustentáveis.....	31
Tabela 2: Impactos “não observados”	61-62
Tabela 3: Impactos “não se aplicam”	64
Tabela 4: Impactos relacionados a dimensão ambiental.....	65
Tabela 5: Impactos relacionados a dimensão social.....	65-66
Tabela 6: Impactos relacionados a dimensão econômica.....	66-67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASG – Ambiental, Social e Governança

ESG – *Environmental, Social and Governance*

INDÚSTRIA 4.0 – I 4.0

IoT – *Internet of Things*

ODM - Objetivos do Desenvolvimento do Milênio

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

TBL – *Triple Botton Line*

SUMÁRIO

1.	Introdução	15
1.1.	Contextualização do problema.....	15
1.2.	Objetivos do trabalho	20
1.3.	Justificativa	20
1.4.	Estrutura do trabalho	21
2.	Fundamentação teórica.....	22
2.1.	Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável	22
2.1.1.	Conceitos e definições.....	22
2.1.2	<i>Triple Botton Line</i>	24
2.1.3	Evolução histórica.....	25
2.1.4	Agenda 2030 – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)	29
2.1.5	Sustentabilidade empresarial.....	31
2.1.6	<i>Environmental, Social and Corporate Governance (ESG)</i>	34
2.2	Indústria 4.0 (I 4.0) e tecnologias.....	37
2.3	Impactos da Indústria 4.0 no contexto da sustentabilidade.....	42
3	Metodologia de Pesquisa.....	45
4	Análise de impactos e proposta de diretrizes para minimizar os impactos negativos	51
4.1	Apresentação dos dados coletados e análise.....	53
4.2	Apresentação dos dados coletados e análise.....	55
4.2.1	Bloco I - impactos observados.....	55
4.2.2	Bloco II - impactos não observados.....	60
4.2.3	Bloco III – não se aplicam	63
4.3	Proposta de diretrizes sustentáveis	64
5	Conclusões e sugestões de novos trabalhos	69

6	Referências Bibliográficas	72
	ANEXO I.....	81
	ANEXO II.....	85

1. Introdução

1.1. Contextualização do problema

No século XVIII, a Inglaterra teve papel fundamental na evolução do capitalismo devido a sua localização privilegiada, com fácil acesso ao mar, clima úmido que favorecia a produção de algodão, matéria prima da indústria têxtil, além de disponibilidade de carvão mineral, capacidade técnica dos camponeses e disponibilidade de investimento por parte da burguesia (CASTANHO, 2008).

Por falar em investimentos da burguesia, esta proporcionou o surgimento de novas tecnologias de maquinário que pudessem produzir produtos padronizados e em grande escala (CASTANHO, 2008).

Ainda segundo Castanho (2008) a primeira Revolução Industrial surge com o grande desenvolvimento capitalista após o rompimento do sistema feudal (Revolução Inglesa) que iniciou um processo de acúmulo de capital por meio de colônias, onde a Inglaterra dominava o cenário do comércio mundial, além da exploração do mercado escravo e a expulsão dos pequenos camponeses de suas propriedades.

A segunda revolução industrial ocorreu na segunda metade do século XIX com o rápido desenvolvimento econômico e tecnológico principalmente em indústrias químicas, farmacêuticas e metalúrgicas em conjunto com o uso de energia elétrica na iluminação urbana, residencial e industrial (MARTINS; ALMEIDA, 2018).

Ao tratar desse tema, Martins e Almeida (2018) afirmam que o aprimoramento constante em novas tecnologias e ciências deu origem a Terceira Revolução Industrial que é inspirada em descobertas e avanços na tecnologia, tais como: engenharia genética, informática, tecnologia computadorizada, softwares, robótica, microeletrônica, biotecnologia, telecomunicações etc. A partir dessa fase, a mão-de-obra passou a ser mais qualificada, permitindo a produção de novos serviços e produtos competitivos no mercado, redução de custos e aumento da lucratividade.

Em meio ao desenvolvimento das tecnologias, a ONU nos anos 70, deu início a reuniões que fortaleceram a consciência dos limites de crescimento, contrariando o atual modelo utilizado em quase todas as sociedades mundiais, surgindo assim o conceito de sustentabilidade. O manejo de florestas, a partir da exploração da madeira que era a matéria prima principal na construção de casas e móveis, em aparelhos agrícolas, como combustível para cozinhar e

aquecer as casas fazem parte do conceito de silvicultura o qual representou na prática o início da aplicação do conceito de sustentabilidade na época (BOFF, 2017).

Boff (2017, p. 10) afirma que a sustentabilidade representa os procedimentos que tomamos para permitir que a Terra e seus biomas se mantenham vivos, protegidos, alimentados de nutrientes a ponto de estarem sempre bem conservados e à altura dos riscos que possam advir.

A Carta da Terra, disponível pelo Ministério do Meio Ambiente foi proposta durante a Rio-92 e enfatiza essa ideia ao afirmar que devemos nos unir para um futuro comum onde haja paz, justiça econômica e respeito pela natureza, gerando assim uma sociedade sustentável (BRASIL, 1992).

Para Bassani e Carvalho (2004, p. 70), um novo pensamento e novas atitudes são necessárias devido a um futuro incerto do planeta que é frágil, raro e único.

O desenvolvimento sustentável deve proporcionar a harmonia no planeta, de maneira a garantir a integridade e a sobrevivência das espécies, incluindo a humana (GARCIA; PEREIRA; SILVA, 2021).

Para que o desenvolvimento sustentável seja realmente sustentável, este deve ser viável do ponto de vista econômico, justo no quesito social e ambientalmente correto. Nesse sentido, por seguir as mesmas premissas, o modelo *Triple Botton Line* (TBL), pode ser muito útil para alcançar o desenvolvimento sustentável (BOFF, 2017).

O TBL também conhecido como os três “pês”, *Profit, People and Planet* (produto/renda, população e planeta) o qual tem por objetivo obter êxito no desenvolvimento sustentável, surgiu no ano de 1990 pelo britânico John Elkington, que era fundador da ONG *SustainAbility* (BOFF, 2017).

Na sequência cronológica, em 2011 surge o conceito da Indústria 4.0 (I 4.0) ou quarta revolução industrial, onde é possível gerar um novo tipo de negócio e estratégias, aprimoramento da qualidade e produtividade nas indústrias (SACOMANO *et al.*, 2018).

A I 4.0 é a revolução dos processos de manufatura, utilizando tecnologias como sistemas Ciber-Físicos e a Internet das coisas, do termo em inglês *Internet of Things* (IoT), que podem ser implementados em processos produtivos de maneira a obter produtos personalizados a preços competitivos e solução de problemas mais complexos (PEREIRA; SIMONETTO, 2018).

A Figura 1 apresenta as etapas das quatro revoluções industriais até o momento.

Figura 1: Da Revolução Industrial à Indústria 4.0.



Fonte: adaptado de Grilletti (2017).

Na figura 1 é possível observar a evolução das tecnologias com o passar dos anos conforme as revoluções industriais.

Segundo Lima e Gomes (2020) as novas tecnologias foram inseridas na economia durante as revoluções industriais e trouxeram mudanças qualitativas que inicialmente se deu devido a ação dos empresários que buscavam oportunidades de lucros, investimentos e aperfeiçoamento das oportunidades tecnológicas que sustentam o desenvolvimento econômico e social.

Ainda, segundo Lima e Gomes (2020), o processo de inserção de novas tecnologias requer aperfeiçoamentos até a versão mais apropriada, sinergia entre as tecnologias inovadoras, superando assim gargalos técnicos, mudanças no âmbito científico, institucional e produtivo. A I 4.0 traz perspectivas altamente promissoras, no entanto as fronteiras ainda são bastante difusas.

No Brasil, segundo Amarante *et al.* (2018), as indústrias contam com o sistema automatizado para sanar um dos seus maiores problemas que é o desperdício. O sistema automatizado proporciona o aumento da competitividade e economia de gastos da empresa.

Além desse desafio, elas enfrentam também obstáculos como dificuldade em encontrar mão de obra qualificada, ausência de conhecimento nos componentes e tecnologias, impactos sentidos pós implementação de um sistema e entendimento das características tais como

composição, mercado de atuação e necessidades da empresa (SANTOS; MANHÃES; LIMA 2018).

Como vantagem a I 4.0 proporciona o controle das informações durante a produção do produto. O controle preciso de dados permite o melhor gerenciamento de estoques e a utilização de insumos e recursos (AMARANTE, *et al.*, 2018).

As plantas fabris passarão por um processo de transformação que causarão grandes impactos na produtividade, tais como o gerenciamento do processo produtivo, minimização de custos, personalização da produção, dentre outros (SANTOS; MANHÃES; LIMA 2018).

A migração para a I 4.0 é necessária, a modificação do sistema produtivo das indústrias é a tendência do futuro e trará benefícios para os novos negócios do presente e do futuro (AMARANTE, *et al.*, 2018).

Como foi descrito, muitos anos se passaram desde a primeira revolução industrial até a época que estamos vivendo atualmente, onde a tecnologia aliada aos processos produtivos revoluciona cada vez mais a forma com que bens e produtos são produzidos gerando impactos no contexto social, econômico e ambiental.

Assim, parece ser interessante ampliar os estudos de prováveis impactos trazidos pela evolução tecnológica no contexto da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável, principalmente os proporcionados pela implantação de tecnologias da I 4.0.

Segundo Santos e Rezende (2021) o equilíbrio da sustentabilidade nas empresas pode ser conquistado por meio da qualidade de seus produtos, mercadorias e serviços. Já o desenvolvimento sustentável deve ter por objetivo preservar a natureza e o meio ambiente, na qual os gestores de indústrias devem gerenciar de forma eficaz os processos garantindo assim a sustentabilidade das gerações futuras.

Diante do exposto, o desenvolvimento sustentável pode complementar o conceito de sustentabilidade o qual está sujeito há uma série de riscos que podem ser agravados com as incertezas do futuro.

Nesse contexto, para obter êxito na eficiência e eficácia dos processos, deve existir um planejamento bem estruturado para implementação das ferramentas da I 4.0 nas empresas. Aspectos da sustentabilidade e desenvolvimento sustentável devem ser incluídos nesse planejamento, na maioria dos casos estão intrinsecamente relacionados, sendo necessário expandir a abrangência para contemplar o aspecto social, econômico e ambiental.

Germano, Mello e Motta (2022) no quesito de sustentabilidade (econômico, social e ambiental) afirmam que as tecnologias provenientes da I 4.0 geram benefícios como por exemplo redução de emissão de gases poluentes, melhoria nas condições de trabalho e saúde do colaborador, diminuição de recursos, e redução de energia. O principal desafio para implantar a Indústria 4.0 com sucesso é a infraestrutura tecnológica que também é responsável pelos possíveis danos ao meio ambiente.

Considerando o Tripé da Sustentabilidade (*Tripple Bottom Line*) na implantação de tecnologias da I 4.0, no caso da dimensão econômica os riscos são dependência de alguns fornecedores, mudanças nos modelos de negócios, longas e imprevisíveis amortizações, elevação da competitividade, mudanças nos modelos de negócios, receitas inesperadas e perda de posição no mercado. A atenuação da eficiência energética, o crescimento da poluição, energia e desperdício são os riscos da dimensão ambiental (BALTAZAR, 2021).

Ainda, segundo Baltazar (2021) os riscos na dimensão social são: diminuição de postos de trabalho, estresse no trabalho, ausência de pessoas qualificadas, dificuldade em lidar com a mudança e a nova cultura, efeitos na estrutura organizacional e modelos de liderança, temor em relação a inteligência artificial, substituição física das fabricas e necessidade de formação.

Nesse sentido, o conceito de sustentabilidade empresarial pode ser adotado pelas empresas para minimizar os efeitos da I 4.0. A sustentabilidade empresarial é um modelo de negócio que abrange questões como a ética, a transparência, a prática da governança corporativa, o bem-estar dos funcionários, entre outros (SANTOS; SILVA, 2017).

O conceito de ESG (*Environmental, Social e Governance*) possui pontos em comum com a sustentabilidade empresarial e pode contribuir também para minimizar os impactos advindos da tecnologia. O ESG tem como enfoque o tripé ambiental, social e econômico. O intuito é desenvolver estratégias empresariais, como por exemplo a gestão de riscos, levando em consideração o Tripé da Sustentabilidade, possibilitando assim geração de valor e imagem positiva da organização (KOFI, 2004).

Embora existam riscos, as inovações tecnológicas tendem a crescer nos próximos anos e a implantação da I 4.0 nas empresas é uma realidade que não tem mais volta. Por outro lado, existe a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável que ganham cada vez mais discussão, afinal o momento atual em que vivemos, força de certa maneira o setor empresarial a se adaptar e a atender as exigências do mundo contemporâneo.

Assim, quando se fala em evolução tecnológica da I 4.0, espera-se que haja ganhos econômicos no setor industrial, no entanto pode haver impactos positivos e negativos no contexto social, ambiental e também no econômico. Portanto, quais seriam esses impactos e como eles poderiam ser amenizados?

1.2. Objetivos do trabalho

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo levantar em uma empresa de materiais de construção e produtos afins os impactos da implantação de novas tecnologias que utilizam o conceito de Indústria 4.0 (I 4.0) e propor diretrizes sustentáveis para minimizar os impactos negativos.

A partir do objetivo geral, os objetivos específicos do trabalho são:

1. Verificar quais foram as tecnologias implementadas;
2. Avaliar quais foram os impactos positivos e negativos trazidos pelas novas tecnologias no âmbito da sustentabilidade e desenvolvimento sustentável;
3. Classificar os impactos positivos e negativos nas dimensões econômica, social e ambiental;
4. Analisar os impactos e propor diretrizes sustentáveis.

1.3. Justificativa

A empresa de materiais de construção e produtos afins estudada foi fundada no início do século passado e possui lojas espalhadas pelo mundo. No Brasil há lojas por todo o país que possuem uma série de ações sustentáveis, como por exemplo, a certificação FSC (*Forest Stewardship Council*), a economia circular, a responsabilidade social e etc.

Ao pesquisar sobre os impactos das novas tecnologias da Indústria 4.0 (I 4.0) no contexto da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável no segmento da loja entrevistada, nenhum estudo, seja trabalho ou artigo foi encontrado, isso evidencia a necessidade da ampliação de debate sobre o assunto.

A pesquisa poderá trazer benefícios ou malefícios econômicos, sociais e ambientais à população. O uso de tecnologias, por exemplo, pode gerar desemprego devido a substituição de máquinas por pessoas. A recolocação no mercado por exemplo, é uma forma de minimizar ou até mesmo de mitigar os impactos econômicos e sociais advindos das novas tecnologias.

Nesse sentido, as diretrizes que serão propostas no presente estudo poderão contribuir com as empresas para atenuar efeitos negativos de maneira que a sociedade não seja prejudicada.

Já no quesito ambiental, as ferramentas contidas nas novas tecnologias podem fornecer dados e prever acontecimentos que possam impactar o meio ambiente, como por exemplo desperdício de água e consumo excessivo dos recursos naturais para extração de matéria prima para produzir determinado produto, entre outros.

Além disso, a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável devem ser temas debatidos nos mais variados setores públicos e privados, pois já é comprovado que os problemas ambientais, sociais e econômicos existem. Por outro lado, as novas tecnologias vêm sendo implementadas nas empresas em um ritmo cada vez maior para sanar problemas de produtividade, desperdício e resposta rápida a situações indesejadas e também para enfrentar a concorrência.

Em meio a essa nova realidade, os aspectos relacionados a sustentabilidade e ao desenvolvimento sustentável estão intrinsicamente relacionados, dessa forma deve-se discutir e analisar os efeitos do conceito da I 4.0 para que se estabeleça mecanismos para aplicá-los ou minimizá-los.

Dentro desse contexto, espera-se que a discussão deste trabalho e as diretrizes propostas para os impactos negativos, auxiliem as empresas que estão sentindo ou que sentirão os efeitos dos impactos positivos e negativos no futuro.

Já para empresas que buscam implantar somente práticas relacionadas a sustentabilidade, é uma forma de “tirar uma fotografia” dos impactos existentes devido a implementação de novas tecnologias no contexto da sustentabilidade. E caso seja do desejo dessas empresas, elas poderão estabelecer mecanismos de mitigação e/ou controle.

1.4. Estrutura do trabalho

No capítulo 1 foi feita a contextualização do problema, descrito o objetivo do trabalho e os objetivos específicos, a justificativa e a estrutura do trabalho. No capítulo 2 foi apresentado a fundamentação teórica onde foram discutidos os principais conceitos e características como sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, *Tripe Botton Line*, evolução histórica dos principais eventos ambientais, agenda 2030, sustentabilidade empresarial, ESG (*Environmental, Social, and Corporate Compliance*), Indústria 4.0 (I 4.0) e tecnologias e impactos da I 4.0 no contexto da sustentabilidade.

No capítulo 3 foi apresentada a metodologia de pesquisa utilizada, sendo destacado que os 66 impactos levantados foram descritos neste tópico e a partir disso foram criados o

“Formulário de pesquisa em campo e a “Tabela de Impactos Relacionados às Novas Tecnologias no Âmbito da sustentabilidade” com o intuito de aplicá-los em forma de entrevista com a empresa de material de construção e afins.

No capítulo 4 foram descritas as principais contribuições científicas desse trabalho onde os impactos foram divididos em 3 blocos (“observados”, “não observados” e “não se aplicam”) para melhor análise dos mesmos. Na sequência os impactos foram divididos em positivos e negativos e diretrizes sustentáveis foram sugeridas para os impactos negativos.

No capítulo 5 foram apresentadas as principais conclusões e sugestões de novos trabalhos e por fim no capítulo 6 foram descritas as referências bibliográficas utilizadas neste trabalho.

2. Fundamentação teórica

2.1. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável

2.1.1. Conceitos e definições

A intensificação da poluição do ar, do solo e do lençol d’água subterrâneo, chamou a atenção para um problema ambiental que culminou com o surgimento da sustentabilidade no final do século XX, a qual tinha como proposta rever o estilo de vida das pessoas (AFONSO, 2016).

Ainda segundo Afonso (2016),

Dentre as várias definições existentes sobre a sustentabilidade, pode-se dizer que é o termo que implica na manutenção quantitativa e qualitativa do estoque dos recursos ambientais, de maneira que os recursos sejam utilizados sem danificar suas fontes ou limitar a capacidade de suprimento futuro, para que tanto as necessidades atuais quanto aquelas do futuro possam ser igualmente satisfeitas (AFONSO, 2016, p. 13).

Já o autor Elkington (2012, p. 52), afirma que a “sustentabilidade é o princípio que assegura que nossas ações de hoje não limitarão a gama de opções econômicas, sociais e ambientais disponíveis para as futuras gerações”.

A sustentabilidade é composta por subsistemas que são interrelacionados e não garantem a sustentabilidade do “todo”. Por subsistemas entende-se, empreendimentos industriais, comunidade locais, uma eco região ou uma nação (BELLEN, 2006).

Apesar de a sustentabilidade ser o assunto do momento, ainda há dúvidas sobre o seu conceito e sua correta aplicação. A sustentabilidade gera grandes mudanças e deve contar com

a participação de todos, incluindo as indústrias, a sociedade e os mais diversos setores (AFONSO, 2016).

Entende-se que todas as ações praticadas no presente, podem afetar a capacidade de resiliência da natureza bem como a disponibilização de recursos naturais. O desenvolvimento de forma sustentável garante que o planeta possa se “sustentar” no futuro. Essa é a principal relação que deve ser compreendida entre a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável.

Para Bellen (2006), o desenvolvimento sustentável, contribui para o pensamento a longo prazo, já que as futuras gerações estão ameaçadas, devido a atual escolha de não atender ao menos as necessidades atuais.

O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu na década de 1970 e assim como a sustentabilidade surgiu em meio aos problemas ambientais na qual o consumo exacerbado não acompanhava a regeneração do meio ambiente (BELLEN, 2006). Dentre os principais problemas ambientais da época pode-se citar aquecimento do planeta, camada de ozônio e colapso da pesca oceânica (ELKINGTON, 2012).

O debate internacional foi o precursor do desenvolvimento sustentável, na qual discutiu-se sobre o termo “desenvolvimento” que na época equiparava-se ao crescimento, mais tarde a denominação passou a ser desenvolvimento sustentável (AFONSO, 2016).

Essa mudança de denominação do desenvolvimento sustentável se deve a várias transformações históricas que acompanhavam a ocorrência de eventos sobre o assunto. Tais mudanças dificultaram a aplicação das práticas relacionadas ao desenvolvimento sustentável, uma vez que a nomenclatura não estava bem definida (BELLEN, 2006).

Segundo Coral (2002), as empresas direcionarão a atenção para um processo produtivo que contemple o desenvolvimento sustentável, apenas se houver pressão da sociedade e dos stakeholders. Já a internalização das práticas ambientais, só ocorrerá quando houver a visão de que o negócio ambiental é uma oportunidade.

A sustentabilidade conta com diversos requisitos que formam a sua estrutura de maneira a complementar ou facilitar o entendimento sobre o conceito, a exemplo disso, há o *triple bottom line* a qual busca o equilíbrio entre o meio econômico, social e ambiental.

2.1.2 Triple Botton Line

O *Triple Botton Line* (TBL), considerado como tripé da sustentabilidade, foi criado em 1990 por John Elkington e visa alcançar a sustentabilidade, respeitando os limites do meio ambiente, incorporando a responsabilidade social corporativa (sociedade) e contemplando a economia (GRANDISOLI; JACOBI, 2020).

A Figura 2 apresenta o TBL e suas dimensões ambiental, social e econômica definida no tripé da sustentabilidade.

Figura 2:Tripple Botton Line.



Fonte: adaptado de Guimarães (2023).

Nota-se, conforme a figura 2 que os três pilares da sustentabilidade estão intrinsecamente relacionados, o que enrijece a importância do equilíbrio entre a economia, meio ambiente e no meio social.

Alguns autores, utilizam a seguinte denominação dos três pilares: pessoas (social), planeta (ambiental) e lucros (econômico) (KEHL, 2020). Nesse sentido, o conceito de TBL é extremamente complexo e gera dúvidas com relação a interdependência entre os pilares, principalmente no âmbito corporativo, onde é usualmente aplicado. (GRANDISOLI; JACOBI, 2020).

O fato é que a distribuição das dimensões do TBL deve ser igualitária para que haja sucesso no alcance da sustentabilidade (KEHL, 2020). Lima *et al.* (2019), contribuem com essa afirmação ao mencionar que para se obter êxito na aplicação do TBL é indicado que as empresas avaliem o seu desempenho na dimensão econômica, ambiental e social.

O modelo TBL pode ser revisitado nas empresas durante a trajetória organizacional e pode ser aplicado por meio do planejamento estratégico. As empresas que considerarem em seus ideais as questões ambientais, sociais e econômicas, cumprirão com os requisitos do desenvolvimento sustentável. (SANTOS; REZENDE, 2021).

No entanto, em alguns casos a realidade é diferente do modelo ideal, a mídia e o público são responsáveis pelo sensacionalismo do pilar ambiental. Por outro lado, a compreensão das empresas em geral é a de que o sucesso é obtido somente por meio do pilar econômico, ou seja, adquirir lucros através dos pilares “ambiental e social” (KEHL, 2020).

Segundo Coral (2002), as empresas direcionarão a atenção para um processo produtivo que contemple o desenvolvimento sustentável, apenas se houver pressão da sociedade e dos *stakeholders*. Já a internalização das práticas ambientais só ocorrerá quando houver a visão de que o negócio ambiental é uma oportunidade.

A sustentabilidade, o desenvolvimento sustentável e o conceito de *Triple Bottom Line* são termos complexos que envolvem aspectos econômicos, sociais e ambientais. Por esse motivo, é interessante rever a evolução histórica com as principais conquistas e dificuldades encontradas até o momento.

2.1.3 Evolução histórica

O homem do final do século XIX notou que a prática de caça aos animais e o uso sem controle das plantas poderiam torna-los escassos, foi a partir desse fato que os países da Europa, América do Norte e Oceania se movimentaram e criaram leis para tratar essa questão. No entanto, foi a partir do século XX, que os países realmente se uniram com o objetivo comum de preservar os rios interfronteiriços, como forma de prevenção da poluição durante o período de guerra (GURSKI, 2012).

Os acidentes da baía de Minamata no Japão, Bhopal na Índia e da usina nuclear de Chernobyl na extinta União Soviética, marcaram negativamente os anos de 1960 a 1980 e provocaram a preocupação ambiental na Europa. Na América do Norte, o vazamento de petróleo do *Exxon Valdez*, foi o precursor do interesse pelas questões ambientais (BELLEN, 2006).

Após os desastres ambientais ocorridos na década de 1960 e a Segunda Guerra Mundial, surgem movimentos sociais, como por exemplo o movimento ambientalista, cuja finalidade era

instituir mudanças de valores e instituições sociais para prevenir a catástrofe ambiental (AFONSO, 2016).

No verão de 1962, surge o livro *Primavera silenciosa*, escrito pela autora Rachel Clarson, que tratava sobre as consequências do uso de pesticidas nos EUA, o qual afetava as plantas, animais e trazia risco a saúde humana. Naquela época, o pesticida DDT fazia parte do cotidiano das pessoas de diversas formas para combate aos insetos (BONZI, 2013).

O livro *Primavera silenciosa* causou grande polêmica na época, uma vez que o uso intensivo de pesticidas era algo comum e considerado saudável pelos fabricantes desses produtos. Sem sombra de dúvidas, despertou o interesse e a curiosidade da sociedade sobre as questões ambientais e foi norteador para os eventos seguintes.

Após 10 anos, outro marco histórico foi realizado com a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, realizada na Suécia. O PNUMA atua para garantir que o homem viva em um ambiente saudável, além disso monitora as ações relacionadas a questões ambientais nacionais e internacionais (CATUNDA, 2002).

Ainda segundo Catunda (2002) no mesmo ano da criação do PNUMA, surge também a Conferência de Estocolmo com o intuito de ampliar as discussões sobre os desastres ambientais a nível global, intensificando o tema “meio ambiente” nas relações internacionais.

A Conferência de Estocolmo surge em 1972, como um marco para discussão política na Agenda das Nações Unidas, por meio dela foi elaborada a Declaração das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, cuja finalidade era direcionar as responsabilidades e orientar as políticas públicas ambientais (GURSKI, 2012).

No âmbito das legislações nacionais, nos anos 80 houve grandes conquistas, dentre as principais destaca-se a Política Nacional do Meio Ambiente que define os princípios, instrumentos e mecanismos de formulação e aplicação da política ambiental. Em 1986, surge a Resolução CONAMA 001 que obriga a avaliação do impacto ambiental para as atividades potencialmente poluidoras (AFONSO, 2016).

A Política Nacional do Meio Ambiente foi uma grande inovação da época, pois estabeleceu o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), com o propósito de aumentar a participação do governo nas

questões ambientais. Além disso, estabeleceu também os padrões de qualidade ambiental, a avaliação de impactos ambientais e o zoneamento ambiental (FERREIRA; SALLES, 2016).

Seguindo a linha do tempo, no ano de 1987 surge a primeira movimentação do conceito de desenvolvimento sustentável por meio do relatório Nosso Futuro Comum, elaborado pela Organização das Nações Unidas (CATUNDA, 2002).

Jacobi (1999) afirma que assim como outros conceitos relacionados a temática ambiental, o relatório Nosso Futuro Comum teve origem durante os problemas socioeconômicos e ecológicos da sociedade global da época. O autor enfatiza as relações entre a economia, a tecnologia, a sociedade, a política e reforça que é preciso adotar uma nova postura ética para a preservação do meio ambiente.

Segundo Ferreira e Salles (2016), na esfera pública considerando a perspectiva a longo prazo, a Constituição Federal de 1988 trouxe a preocupação com as gerações futuras, definindo os instrumentos de gestão ambiental mais abrangentes que contemplem o desenvolvimento econômico e a disponibilidade de recursos naturais.

A Constituição Federal (1988) em seu artigo 225 afirma que

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

Após a promulgação da Constituição Federal de 1988, o Brasil sediou no Rio de Janeiro o evento denominado Rio-92. Essa conferência realizada no ano de 1992, teve como principal resultado a Agenda 21 que definiu as responsabilidades de cada país signatário frente aos problemas socioambientais, seja por atuação da sociedade, governos, universidades, empresas e organizações não-governamentais (ONGs) (MARTINS *et al.*, 2015).

Vale destacar outros documentos aprovados na Rio-92, tais como a Declaração do Rio, Declaração das Florestas, a Convenção sobre Mudanças Climáticas e a Convenção sobre Biodiversidade. Apesar das dificuldades enfrentadas na elaboração de documentos e durante o fechamento de acordos, a conferência foi um grande progresso nas negociações entre os países (AFONSO, 2016).

No ano 2000, chefes de Estado e altos representantes de 191 países se reuniram na sede da Organização das Nações Unidas (ONU) para criar o documento denominado Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) que é composto de oito objetivos, são eles: (1) Erradicar

a pobreza extrema e a fome, (02) Universalizar a educação primária, (03) Promover a igualdade de gênero e a autonomia das mulheres, (04) Reduzir a mortalidade na infância, (05) Melhorar a saúde materna, (06) Combater o HIV/Aids, a malária e outras doenças, (07) Assegurar a sustentabilidade ambiental e (08) Estabelecer uma parceria mundial para o desenvolvimento (ROMA, 2019).

O intuito na época era avaliar as metas em intervalos definidos até 2015, sendo que cada objetivo continha metas que totalizavam em 21 metas globais que seriam acompanhadas por meio de indicadores. De maneira geral, as ODMs buscavam combater a pobreza e a fome, principalmente nos países menos desenvolvidos (ROMA, 2019).

Uma década após a Rio-92, poucas novidades ocorreram no evento seguinte, Rio+10 que foi realizado no ano de 2002 em Johannesburgo. A Rio +10 definiu alguns objetivos a serem cumpridos contando com o apoio das instituições multilaterais e internacionais mais efetivas, democráticas e responsáveis (DINIZ, 2002).

Ao tratar do tema da Rio +10, Diniz (2002) afirma que o documento “*The Johannesburg Declaration*” é o resultado das discussões do evento. Um dos grandes desafios do documento continua sendo os problemas ambientais globais e pela primeira vez observou-se os benefícios e os custos atrelados a essa problemática.

Uma nova agenda ambiental foi definida, buscando a economia verde, equidade social, minimização dos riscos ambientais e a escassez ecológica. A referida agenda, faz parte da Rio +20, que ocorreu na cidade do Rio de Janeiro no ano de 2012, onde governantes e sociedade civil se reuniram para definir o futuro do Planeta (MARTINS *et al.*, 2015).

Segundo Afonso (2016), a Rio+20 teve a participação de 190 países e uma das principais consequências da Rio +20 foi a declaração denominada “O Futuro que Queremos”, a qual foi definida como uma declaração extensa e pouco consistente.

Em 2015 os chefes de Estado e de Governo e Altos Representantes, se reuniram na sede das Nações Unidas em Nova York, para definir os 17 novos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) globais que se desmembraram em 169 metas (ONU, 2016).

Apesar das metas serem globais, cada governo é responsável por definir sua meta nacional conforme os seus objetivos definidos (ONU, 2016).

A Figura 3 procura representar em ordem cronológica alguns dos principais eventos que discutiram a temática sustentabilidade e desenvolvimento sustentável ao logo do tempo.

Figura 3: Linha do tempo.



Fonte: a autora (2023).

2.1.4 Agenda 2030 – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Segundo Santos (2019), a Agenda 2030 somada as iniciativas da Rio +20 completa o ciclo mundial rumo ao desenvolvimento sustentável e equilibrado, no entanto, todas as partes interessadas precisam participar de todas as fases do plano para que se obtenha o resultado esperado.

Para a implementação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável deve-se considerar as diferentes realidades em cada território. Além disso, espera-se que todos os países e partes interessadas adotem os ODS, para tanto, os governos podem definir a melhor estratégia, desde que haja vínculo entre o desenvolvimento sustentável e demais processos em andamento no âmbito econômico, ambiental e social (ONU, 2016).

Ainda segundo a ONU (2016), a pobreza é o tema mais discutido entre as 169 metas, principalmente no que tange a pobreza extrema que é a principal preocupação global. Após a conclusão das metas, espera-se alcançar a sustentabilidade e um mundo resiliente e para tanto considerou-se cinco pilares.

O primeiro pilar diz respeito a eliminar a fome e a pobreza das pessoas, o segundo representa a preocupação com os recursos naturais do planeta, o terceiro almeja a prosperidade em equilíbrio do ser humano, o quarto prevê que a sociedade seja livre do medo e da violência

e o quinto prevê medidas para implementar as ações necessárias para alcançar as metas desejadas (ONU, 2016).

A Figura 4 apresenta o tema de cada Objetivo de Desenvolvimento Sustentável.

Figura 4:Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.



Fonte: adaptado de ONU (2022).

Nota-se que o objetivo nº 07 e objetivo nº 09 tem relação com a temática deste trabalho, o de nº 07 incentiva o uso de tecnologias modernas e sustentáveis de várias formas. Já o de nº 09 apoia a pesquisa científica no campo industrial e promove a industrialização sustentável com eficiência no uso de recursos e tecnologias limpas.

Com relação aos objetivos nº 07 e nº 09, a tabela 1 demonstra as diretrizes sustentáveis relacionadas à inovação tecnológica que uma empresa por exemplo, pode adotar para se obter resultados positivos no campo da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável.

Tabela 1: Diretrizes de inovação tecnológica sustentáveis.

DIRETRIZES DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA SUSTENTÁVEIS
Desenvolver infraestrutura de qualidade, confiável, sustentável e resiliente, incluindo infraestrutura regional e transfronteiriça, para apoiar o desenvolvimento econômico e o bem-estar humano, com foco no acesso equitativo e a preços acessíveis para todos.
Promover a industrialização inclusiva e sustentável e aumentar significativamente a participação da indústria no setor de emprego e no PIB, de acordo com as circunstâncias nacionais.
Aumentar o acesso das pequenas indústrias e outras empresas aos serviços financeiros, incluindo crédito acessível e sua integração em cadeias de valor e mercados.
Modernizar a infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com eficiência aumentada no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente corretos.
Fortalecer a pesquisa científica, melhorar as capacidades tecnológicas de setores industriais, incentivando a inovação e aumentando substancialmente o número de trabalhadores de pesquisa e desenvolvimento por milhão de pessoas e os gastos público e privado em pesquisa e desenvolvimento.

Fonte: adaptado de ONU (2016).

As diretrizes sustentáveis apresentadas na tabela 1 incentivam as indústrias de várias formas a se modernizarem considerando as questões sustentáveis no escopo de implantação das tecnologias. Tais diretrizes podem contribuir para atendimento aos pilares econômicos, ambientais e sociais de uma empresa, também conhecido como sustentabilidade empresarial.

2.1.5 Sustentabilidade empresarial

O modelo de produção no início da Revolução Industrial era baseado na fabricação em pequena escala e o descarte era realizado no fim da vida útil do produto, devido ao alto custo para esse fim. Atualmente, os produtos fabricados acompanham o padrão de consumo que se

baseia em grandes quantidades, qualidade inferior, baixo preço e geração de resíduos cada vez mais frequentes, ampliando os impactos ambientais (ELKINGTON, 2012).

Entretanto, sob o ponto de vista de Lima (1997), os impactos ambientais já eram percebidos na década de 70, devido ao crescimento econômico derivado do sistema capitalista. Naquela época, os problemas ambientais e socioambientais passaram a ser analisados sob outra perspectiva, gerando interesse a nível mundial.

Vita e Engelmann (2016), concordam com essa argumentação ao afirmar que para atender a demanda do capitalismo, as empresas executavam suas atividades conforme a pressão econômica exercida pelo mercado competitivo, com isso os recursos naturais eram explorados sem controle algum o qual em alguns casos os efeitos negativos ao meio ambiente eram irreversíveis.

Os princípios do capitalismo industrial se baseiam na lucratividade, produtividade e competitividade. Esses princípios satisfazem apenas as necessidades dos consumidores e produtores, sem contemplar as necessidades das pessoas, impactando assim no desenvolvimento socio ambiental (LIMA, 1997).

Diante desse cenário, as indústrias tinham como missão minimizar os impactos ambientais dos seus processos e ao mesmo tempo atender as demandas de mercado. Para alcançar esse propósito, ações sustentáveis podem ser implementadas nos processos produtivos, considerando os recursos naturais necessários que são cada vez mais exigidos pela sociedade, no sentido de preservá-los para as gerações futuras (SANTOS; REZENDE, 2021).

Em meio ao caos e as necessidades da época, as empresas passaram a adotar políticas e práticas de sustentabilidade empresarial (VITA; ENGELMANN, 2016). As entidades *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) e a fundação do Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social surgiram na década de 90, as quais contribuíram para o surgimento da sustentabilidade empresarial (SANTOS; SILVA, 2017).

Para Pádua *et al.* (2012),

Sustentabilidade empresarial corresponde à habilidade da empresa de manter-se competitiva e rentável ao longo do tempo por meio da oferta de produtos e/ou serviços com qualidade e preços compatíveis com o mercado, e da justa remuneração da sua força de trabalho, investidores e ou proprietários (PÁDUA, *et al.*, 2012, p. 959).

São muitas as vantagens ao aderir as práticas da sustentabilidade empresarial, dentre elas é possível destacar os benefícios econômicos, ambientais e o surgimento de novos mercados nesse meio da sustentabilidade, pelo simples fato de reaproveitar as matérias primas. Outra vantagem é a melhora da qualidade de vida das partes interessadas que reflete na maior oferta de produtos e serviços (VITA; ENGELMANN, 2016).

A sustentabilidade empresarial precisa ser observada durante a elaboração do planejamento estratégico, onde a inovação do próprio negócio e do mercado, devem ser consideradas, uma vez que tem total relação entre si (SANTOS; SILVA, 2017).

Os modelos tradicionais que medem a economia, precisam ser substituídos por novos que agreguem as variáveis ambientais, para que o crescimento seja sustentável deve-se considerar fatores como o capital humano e social, o progresso técnico, a substituição de bens e serviços e os desastres naturais (BELLEN, 2006).

Para Santos e Valentim (2020), a sustentabilidade econômica abrange outros conceitos além do econômico, como por exemplo o bem estar humano e a regeneração da natureza. Ou seja, é uma nova forma de ética, onde a dignidade do ser humano é mais importante do que o seu “preço”.

No âmbito da responsabilidade ambiental de uma empresa deve estar enraizada na cultura organizacional e mecanismos de controle devem ser estabelecidos de maneira a prevenir qualquer tipo de impacto ambiental (SILVA, 2009).

Ao tratar do tema ambiental, é possível refletir o quão sustentável uma empresa é no quesito do capital natural. Devido a sua complexidade, o cálculo do capital natural é abrangente e considera a riqueza natural em torno do ecossistema da floresta e os frutos colhidos da natureza (ELKINGTON, 2012).

Já na responsabilidade social empresarial, as empresas consideram os interesses e as necessidades humanas em todas as etapas das atividades exercidas (VITA; ENGELMANN, 2016). O interesse é na condição e qualidade de vida do ser humano dentro da ecossfera que pode ser obtido por meio de serviços como por exemplo, acesso a água limpa e tratada, ar puro, serviços médicos, proteção, segurança e educação (BELLEN, 2006).

A Responsabilidade Social Corporativa é entendida como compromisso contínuo da empresa com o seu comportamento ético e com o seu desenvolvimento econômico, promovendo, ao mesmo tempo, a qualidade de vida da sociedade como um todo (SILVA, 2009, p. 4).

De acordo com Silva (2009), ao aderir a sustentabilidade, as empresas passam a se consolidar no mercado, pois estabelecem práticas para o gerenciamento dos riscos internos e externos, contribuindo para uma imagem positiva junto aos consumidores. Além disso, a transparência com que as atividades são realizadas favorecem os investimentos futuros.

No entanto, cada segmento possui um tipo de negócio, assim as empresas devem avaliar os fatores internos, fatores externos e as tendências conforme o segmento, antes do planejamento sustentável. Além disso a interação entre o pilar econômico, ambiental e social é abrangente e fatores como a gestão de riscos, os indicadores de desempenho, a governança corporativa e a identificação de fatores críticos de sustentabilidade devem ser consideradas (SILVA, 2009).

Um exemplo de fator externo é o custo do local escolhido para a instalação de uma indústria que conseqüentemente podem afetar o custo de um produto, devido à dificuldade com deslocamento, tecnologias e etc. (ELKINGTON, 2012).

Além da sustentabilidade empresarial, existe o conceito de ESG (*Environmental, Social and Corporate Governance*) a qual é mais abrangente pois além dos pilares econômico, social e ambiental, possui preocupação com a governança, partes interessadas, direitos humanos, entre outros.

2.1.6 *Environmental, Social and Corporate Governance* (ESG)

No ano de 2004, o secretário geral da ONU convidou grandes instituições financeiras a participarem de uma iniciativa que buscasse integrar em seu negócio as questões sociais, ambientais e de governança, a partir de então surge o conceito *Environmental, Social and Governance* (ESG) (KOFI, 2004).

Para Belinky (2021) quando se trata de ESG, as empresas devem considerar os critérios ambientais, sociais e de governança corporativa, além de outros critérios (mercado, rentabilidade, segurança, competitividade e resiliência) avaliados usualmente.

Ao aplicar o conceito de ESG na estratégia das empresas, os riscos do negócio passam a ser avaliados de forma mais abrangente e as oportunidades surgem a partir da imagem positiva da empresa a qual pode atrair investimentos (SION, 2021). Para Kofi 2004, os níveis gerais de risco e de qualidade que os requisitos do ESG podem proporcionar, só tendem a trazer sucesso a longo prazo para as empresas. Assim, “é importante ressaltar que este movimento não se restringe a uma atitude preventiva ou de mitigação de riscos ou danos. É esperada uma atitude

prospectiva por parte das empresas que devem contribuir positivamente com os objetivos ESG” (SION, 2021, p. 7).

O termo ESG tem por intuito de utilizar a governança corporativa no lugar do pilar economico, tal mudança demonstra maior transparencia nos resultados da organização que pode ser evidenciado por meio dos comites de auditoria e mecanismos de combate a corrupção (COSTA; FERREZIN, 2021).

O “G” de *Governance* se refere aos interesses, direitos e as responsabilidades dos stakeholders como por exemplo, código de conduta e valores corporativos, prevenção de atos irregulares de corrupção e fraude, remuneração executiva e composição da diretoria etc. (KOFI, 2004).

Já o “S” de *Social*, trata da interação entre a empresa e as partes interessadas (consumidores e colaboradores), onde em geral são abordadas questões como direitos humanos, direitos do consumidor, diversidade, questões raciais, trabalho infantil e etc. (KOFI, 2004).

E por fim o “E” de *Environmental*, é sobre os impactos positivos ou negativos ao meio ambiente que um determinado segmento pode causar, que podem ser relacionados com as mudanças climáticas, a gestão de resíduos, a gestão de recursos hídricos, os impactos sob a fauna e a flora, etc (KOFI, 2004).

Ainda segundo Kofi (2021), não existe uma fórmula secreta para se obter sucesso na implantação do conceito de ESG, no entanto existem estratégias direcionadoras, tais como pesquisa externa, treinamento de gestores, novas formas de avaliar o desempenho, entre outros.

No âmbito das empresas deve haver um gerenciamento de todas as premissas do ESG de maneira a agregar valor ao negócio o que proporcionará impacto positivo na reputação da empresa, marca da organização, competitividade e desempenho financeiro (KOFI, 2004). Em contrapartida aquelas empresas que desprezam o conceito de ESG, irão perder cada vez mais espaço no mercado (BELINKY, 2021).

É importante ressaltar que o ESG de forma isolada não alcança a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável. É necessário a aplicação e a compreensão de outras metodologias, como por exemplo a Agenda 2030 (BELINKY, 2021). O quadro 1 apresenta um comparativo entre a agenda 2030 e a perspectiva ESG.

Quadro 1: Comparativo entre a perspectiva ESG básica e a Agenda 2030, quanto a avaliação da sustentabilidade empresarial.

ESG "BÁSICO"	AGENDA 2030	CONTRASTE
Inspiradas pela visão do desenvolvimento sustentável.		Inspiração coincidente
Relacionadas a um mesmo conjunto de temas econômicos, sociais e ambientais.		Temática coincidente.
Abordagem triple-bottom line pessoas, planeta e resultados financeiros.	Abordagem 5P pessoas, planeta, prosperidade, paz e parcerias.	Agenda 2030 é mais ampla: incorpora o bem comum e o contexto institucional.
Voltada à competitividade e perpetuidade das empresas e à sua capacidade de gerar valor apropriável por acionistas e investidores "Se dar bem, fazendo o bem"	Voltada ao bem comum: "Criar uma sociedade próspera e sustentável para todos, não deixando ninguém para trás".	ESG tem como centro os interesses dos acionistas e investidores: a inclusão social surge como um benefício colateral, mas não parte essencial da perspectiva.
Prioriza temas com base na materialidade para a empresa.	Tem por princípio a integração e interdependência entre temas.	Temas importantes, mas que não se encaixem no business case da sustentabilidade, podem ficar fora da perspectiva ESG.
Enfoca a governança corporativa pela perspectiva dos acionistas e dos outros <i>stakeholders</i> .	Enfoca a governança corporativa pela perspectiva social ampla, mirando o interesse público.	A Agenda 2030 amplia as expectativas sobre a governança corporativa, demandando atenção também aos interesses da sociedade como um todo, representados pelos ODS.
Metas e métricas estabelecidas com base no entendimento de atores do mercado quanto às implicações que as demandas por sustentabilidade terão sobre os interesses das empresas e de seus investidores.	Metas estabelecidas por meio de negociações multilaterais em nível global, para serem atingidas em nível país.	A Agenda 2030 e os ODS dizem respeito a mudanças de grande alcance, em nível de país, enquanto a perspectiva ESG considera o nível da empresa.
Preocupação com a magnitude das externalidades (impactos positivos e negativos gerados pela atividade da empresa) depende das expectativas dos acionistas e <i>stakeholders</i> e da capacidade da empresa.	A magnitude das metas é definida pela escala dos desafios globais a serem superados.	A ambição da perspectiva ESG tende a ficar aquém do necessário para enfrentar os desafios globais, tanto em termos de escala (magnitude) quanto de tempo (ritmo).
Ritmo definido pela paciência/expectativas dos acionistas e <i>stakeholders</i> .	Ritmo definido pela urgência de superar desafios globais.	

Fonte: adaptado de Belinky (2021).

O quadro 1 apresenta grandes diferenças entre o escopo da Agenda 2030 e o ESG. O ESG utiliza a perspectiva social, econômica e ambiental para geração de valor aos acionistas, investidores ou proprietários. A agenda 2030, no entanto, é mais abrangente e considera questões relacionadas a paz, parcerias e distribuição de riqueza de maneira a minimizar as desigualdades sociais (BELINLY, 2021).

Apesar de haver alguns contrastes entre as perspectivas ESG e Agenda 2030, esses temas são iguais no quesito de alcançar o desenvolvimento sustentável (BELINLY, 2021).

Para Costa e Ferezin (2021), o conceito de ESG tende a ser cada vez mais implementado e como resultado disso haverá cada vez mais o pensamento sustentável que pode ser observado pela curiosidade, conscientização ou mudança de hábito da sociedade.

Em meio as mudanças dos quesitos sustentáveis como o ESG tratado no item 2.1.6, as tecnologias seguem em processo de aperfeiçoamento e ganham cada vez mais espaço com o passar dos anos, dando origem assim ao conceito de Indústria 4.0 (4.0).

2.2 Indústria 4.0 (I 4.0) e tecnologias

Segundo Santos, Manhães e Lima (2018), houveram várias revoluções industriais, a primeira delas foi baseada na invenção de máquinas a vapor, mecanização de fábricas e cargas de poluição. Já a segunda revolução industrial possibilitou a produção em massa devido as novas invenções de manufatura e a eletricidade.

A terceira revolução industrial foi a era dos computadores, redes de computadores, conectividade e a criação da internet. Atualmente a quarta revolução industrial prevalece com o intuito de automatizar e otimizar os processos industriais (SANTOS; MANHÃES; LIMA, 2018).

A I 4.0, ou 4ª Revolução industrial, surgiu diante dos avanços tecnológicos e pela pressão de mercado de países como a China e a Coreia do Sul. O engajamento do desenvolvimento tecnológico é produzir com qualidade a menor custo, facilitando assim para as empresas se tornarem mais competitivas no mercado (CHARRUA-SANTOS, 2018).

Os representantes empresariais, políticos e acadêmicos iniciaram no ano de 2011 a perspectiva da I 4.0 nas indústrias alemãs (AMARANTE, *et al.*, 2018), que surgiu por meio do projeto “Plataforma Indústria 4.0” que tinha por objetivo desenvolver tecnologias que pudessem se comunicar entre elas (SACOMANO, *et al.*, 2018).

Apesar do conceito da quarta revolução industrial também estimular a reindustrialização e a competitividade indústria, ele tem como principais alvos: (i) a

eficiência energética e de recursos, (ii) a redução dos ciclos de time-to-market (tempo de mercado), bem como o (iii) aumento da produtividade (SANCHES; CARVALHO; GOMES, 2018, p. 49).

Assim, o homem passa a se preocupar com a gestão da produção e das máquinas por meio dos dados obtidos pela própria tecnologia que fornece mecanismos para prevenção de faltas e falhas operacionais (AMARANTE, *et al.*, 2018).

A I 4.0 permite a interação do ser humano e de tecnologias conhecidas como *Big Data*, Internet das coisas, Sistemas cyber físicos e Tecnologias de manufaturas, entre outras. Essas tecnologias possibilitam respostas rápidas a qualquer situação e o aprimoramento do processo produtivo que contribuem positivamente nos aspectos econômicos, ambientais e sociais (SANCHES; CARVALHO; GOMES, 2018).

A tecnologia *Big Data* contém vários tipos de dados que não estão estruturados e necessitam ter veracidade para serem usados e tratados rapidamente de maneira a gerar valor ao negócio. Assim, a fórmula *Big Data* pode ser definida como = volume + variedade + velocidade + veracidade (TAURION, 2013).

Com a rápida evolução tecnológica, o volume de dados de diversas fontes tende a aumentar, pois as empresas necessitam de dados cada vez mais precisos para a tomada de decisões. Esses dados podem ser estruturados e não estruturados, provenientes de uma variedade de fonte como por exemplo, fotos, vídeos etc. (TAURION, 2013).

Ainda de acordo com Taurion (2013), as informações precisam estar disponíveis a qualquer tempo, forçando assim a velocidade na obtenção e disponibilização dessa gama de dados. Outro ponto é que as informações devem ser verídicas, pois caso não seja, podem levar a um processo legal, devido ao uso inadequado de dados.

Para Amaral (2016), as empresas tendem a ter vantagens relacionadas ao negócio com a utilização da *Big Data*, uma vez que o uso de dados permite a identificação do perfil dos clientes, diminuir as paradas não programadas das máquinas, evitar fraudes, selecionar fornecedores e avaliar os concorrentes.

Ainda segundo Amaral (2016), a desvantagem para as empresas em não utilizar a tecnologia *Big Data* é a de se tornar obsoleta no mercado, ou seja, os concorrentes irão se destacar por satisfazer os clientes com produtos de qualidade a menor custo.

A internet surgiu em 1957, quando os militares dos Estados Unidos buscavam uma forma de trocar e compartilhar informações sigilosas em vários locais, de maneira a prevenir-

se contra ataques nas bases militares americanas e exposição de dados (SACOMANO, *et al.*, 2018).

Já a Internet das Coisas (IoT) é uma extensão da internet atual, a qual possibilita controlar qualquer tipo de objeto, além de permitir que esses objetos possam ser acessados como provedores de serviços (LOUREIRO *et al.*, 2013).

A Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*) pode ser entendida como a rede ubíqua e global que ajuda e provê a funcionalidade de integrar o mundo físico. Isso se dá por meio da coleta, do processamento e da análise de dados gerados pelos sensores da IoT, que estarão presentes em todas as coisas e se integrarão por meio da rede pública de comunicação (ALBERTIN; ALBERTIN, 2017, p. 13).

Segundo Amaral (2016), daqui há algum tempo, vários dispositivos estarão conectados à internet sem o uso de cabos e senhas, melhorando processos como por exemplo, avaliação de veículos, automação residencial e industrial, sistema de compras, controle logístico e de tráfego.

Para Sacomano *et al.* (2018), os sistemas cyber físicos visam a troca de informações, execução de comandos e o acompanhamento do sistema produtivo a qualquer tempo. Esses sistemas possuem sensores para captura e a interpretação de dados, além de controlar o comportamento de dispositivos, objetos e serviços (SILVA, 2018).

O Sistema Cyber Físico é um sistema que possui um forte acoplamento entre os elementos computacionais e o mundo físico, expandindo a unidade de controle, possibilitando que os dispositivos sejam autônomos e realizem auto gestão, auto configuração, auto controle e auto otimização (SILVA, 2018, p. 53).

No âmbito de tecnologias de manufatura vale salientar a manufatura aditiva ou impressão 3D a qual é possível fabricar peças em um determinado local, sob o comando em outro lugar (SACOMANO *et al.*, 2018).

Para Palma *et al.* (2017), com relação a sustentabilidade, a I 4.0 possui como princípio a interoperabilidade, modularidade, descentralização, orientação a serviços e virtualização.

A interoperabilidade é quando o software se comunica entre si possibilitando uma nova experiência ao cliente, como por exemplo, definir o produto sem desperdício, uso incorreto de materiais e rejeitos. O princípio da modularidade traz benefícios semelhantes a interoperabilidade e se baseia em correções e ajustes necessários imediatos as necessidades do cliente e manufatura (PALMA *et al.*, 2017).

A descentralização permite ajustes de imediato e tomada de decisão para execução das atividades, produzindo produtos inteligentes e personalizados que podem ser localizados a qualquer tempo (PALMA *et al.*, 2017).

Ainda segundo Palma *et al.* (2017) no princípio da orientação a serviços, o cliente pode escolher e acompanhar todas as etapas do produto escolhido por meio de software de simulação. O produto pode ser alterado a qualquer tempo até a sua finalização.

A virtualização tem por objetivo que os colaboradores se desloquem cada vez menos com o uso dos óculos da realidade virtual que conduzirá para reuniões em qualquer local. Além disso, a virtualização faz uso de software de simulação com impressora 3D que auxilia o cliente na definição do seu produto. (PALMA *et al.*, 2017).

Para Charrua-Santos (2018), ainda há muitas dúvidas sobre a I 4.0, como a padronização, novas formas de trabalho, segurança e proteção digital. As empresas, governos e as partes interessadas precisam se posicionar frente aos impactos sociais, econômicos e tecnológicos advindo da I 4.0 e reagir diante dos novos modelos de negócio que surgirão.

A incompatibilidade das interfaces de comunicação e a segurança na transmissão de dados são obstáculos da I 4.0 que vem sendo discutido nas mais variadas entidades (CHARRUA-SANTOS, 2018).

Segundo Schuler (2018), outro ponto que deve ser avaliado é que cada indústria possui características exclusivas e deve-se levar em consideração também o país em que ela está inserida, pois questões como o acesso e os níveis de tecnologia podem ser obstáculos para enquadramento a I 4.0.

Com relação as empresas de manufatura, estas utilizam as tecnologias há algum tempo, cerca de 4 a 5 anos, tanto para produção ou processo. Com relação ao processo, esse tempo depende de investimentos e depreciação considerando vários produtos ou uma plataforma (SILVA; SILVA; MANFRINATO, 2005).

Segundo o estudo realizado por Silva (2005) no segmento de manufatura, as empresas utilizam tecnologias para produto quando se trata de minimização de custos, concorrência e mercado. Já no processo, as tecnologias são desenvolvidas para melhorias na qualidade e da produtividade.

Ainda segundo Silva (2005), as empresas de manufatura americanas, asiáticas e europeias costumam ser pioneiras no campo de pesquisa de tecnologia. São poucas as empresas que desenvolvem tecnologias que integrem as questões estratégicas e operacionais, tornando-se assim vulneráveis no âmbito tecnológico. Silva, Silva e Manfrinato (2005), corroboram com

essa ideia ao afirmar que as empresas de manufatura realizam o planejamento estratégico, mas são poucas as que consideram questões tecnológicas em seu planejamento.

Ao realizar a gestão das tecnologias da I 4.0, as organizações garantem benefícios em todos os processos da empresa. A gestão tem por finalidade organizar, administrar e gerir os resultados encontrados. Nenhuma tecnologia será suficiente caso a gestão seja falha, além disso, a gestão incorporada à cultura organizacional possibilita grandes resultados e aumento dos recursos (RIBEIRO; FREITAG, 2020).

No caso do seguimento de serviços, a gestão das tecnologias é focada na inovação do processo antes do produto por meio de tecnologias que já existem com o intuito de melhorar a eficiência da produção e a entrega dos serviços. Após essa etapa, novas tecnologias são usadas para melhora na qualidade do serviço e por fim devido as novas tecnologias em uso, são criados novos serviços. Nesse caso, o consumidor está cada vez mais exigente ao comprar um produto, como por exemplo, variedade nas opções de entrega e retirada do produto, interação entre a loja física e *on line* e fidelidade a determinadas marcas (JUNIOR *et al.*, 2015).

Já no segmento de varejo, as tecnologias são representadas pela “tecnologia da informação”, cuja origem se deu nas áreas de compras, finanças, estoque, contabilidade e recursos humanos. Em um segundo momento as tecnologias evoluíram para a um estágio de automatização como por exemplo, a transferência eletrônica de fundos, as balanças e etiquetas eletrônicas, o código de barras e etc. (LAS CASAS; GARCIA, 2007).

Para Senhoras (2003), o uso da tecnologia da informação e dos computadores tem o intuito de maior controle da empresa, uma vez que as elas proporcionaram o acesso as informações e movimentações diárias.

Atualmente, as tecnologias alcançaram um patamar elevado, onde os varejistas monitoram dados como desistência de compras ou quantidade de vezes que o cliente visitou uma loja e não adquiriu nenhum produto. Tais elementos favorecem as estratégias varejistas, pois contém dados mais concretos sobre os seus clientes do que no passado (CUNHA, 2019).

Muitas vezes, os varejistas optam por tecnologias modernas a qual culminam no fornecimento de produtos ou serviços de qualidade e atendimento as expectativas do consumidor, além de gerenciar questões éticas, legais, ambientais, socioeconômicas, concorrência e etc. (GOUVEIA *et al.*, 2011).

Em geral, as tecnologias podem ser aplicadas nos mais variados segmentos, seja no setor de serviços, de manufatura, de varejo e industrial. Independentemente do segmento, as tecnologias podem causar impactos no contexto da sustentabilidade (ambiental, social e econômico).

2.3 Impactos da Indústria 4.0 no contexto da sustentabilidade

Há algum tempo atrás, os ambientalistas tinham opiniões desfavoráveis a indústria, ao desenvolvimento de tecnologias, ao crescimento e a rentabilidade. Esse cenário mudou com o passar dos anos devido a novas tendências e as novas técnicas que foram criadas para medir os impactos econômicos, sociais e ambientais das tecnologias, produtos e processos (ELKINGTON, 2012).

O que contribuía para esse parecer desfavorável à indústria, era a mentalidade de produzir incansavelmente para atender a demanda dos consumidores em um curto espaço de tempo. No entanto por outro lado, a Indústria 4.0 (I 4.0) pode colaborar com a diminuição no consumo de energia e gastos com manutenções, por exemplo (SCHULES, 2018).

As novas tecnologias podem proporcionar melhorias no processo de fabricação do produto e desempenho da indústria através do uso de dados, possibilidade de simulação de linha de produtos, análise preditiva e impedindo erros e defeitos na linha de montagem, possibilidade de reutilização de materiais e veículos logísticos autônomos (KITUKUTHA *et al.*, 2020).

Quanto aos impactos econômicos, segundo Santos, Manhães e Lima (2018), a I 4.0 pode trazer inúmeros benefícios para as empresas, como por exemplo produtividade e uso de recursos, onde as máquinas, produtos e sistemas produtivos contribuem para otimização dos recursos e o crescimento da receita, devido ao aumento antecipado da demanda (equipamentos e aplicações) vs a demanda de clientes.

Ao aderir a sustentabilidade nas indústrias os benefícios vão desde a satisfação dos clientes e da sociedade até o aumento da competitividade no mercado (SANTOS; REZENDE, 2021).

Além disso, há outros impactos da aplicação do conceito de I 4.0, tais como estímulo da criatividade, diminuição nos defeitos de qualidade, redução nas taxas de erro e retrabalho, minimização nos custos de setup, possibilidade de um ambiente de trabalho móvel, surgimento de diferentes tarefas (novas e avançadas) de planejamento, minimização nos custos de setup,

aperfeiçoamento na tomada de decisões e interação entre pessoas e máquinas. (SHULES (2018) e LIMA *et al.*, (2019)).

As empresas, ao adotar tecnologias tendem a aumentar as suas receitas, aumentar a flexibilidade dos negócios e a cadeia de valor mais colaborativa (SHULES, 2018; LIMA *et al.*, 2019).

Hudson (2017), afirma que a prevenção de roubo e perdas no serviço de entrega de mercadorias, por meio do uso de GPS o qual está ligado a uma rede de comunicação por satélite ou celular e a possibilidade de introduzir outros sensores que podem reunir dados ambientais e de poluição geográfica são características advindas de novas tecnologias.

A I 4.0 possibilita variedade no portfólio e desenvolvimento de novos produtos conforme requisito específico do cliente, surgimento de novos segmentos de clientes, atuação rápida conforme demanda do mercado e prazos de entregas eficazes. (SHULES (2018) e LIMA *et al.*, (2019)).

Além disso, as tecnologias possibilitam que os consumidores tenham a chance de escolher qual produto adquirir, realizando assim uma compra mais sustentável e proporcionando apoio as ações de marketing verde (SARTOR *et al.*, 2021).

Para Kitukutha *et al.* (2020), as tecnologias possibilitam novas formas de produção de bens e otimização da cadeia de suprimentos, melhor gerenciamento do estoque e armazém por meio do uso de sensores na linha de montagem e redução da imprecisão no inventário e no tempo de colocação no mercado através da aplicação da IoT.

Os benefícios da I 4.0, também podem surgir por meio de investimentos realizados que impulsionarão a economia e a empregabilidade pode aumentar no âmbito de novas competências, como engenheiros mecânicos, programadores de software e especialistas em Tecnologia da Informação - TI (SANTOS; MANHÃES; LIMA, 2018).

Quanto aos impactos sociais, os trabalhadores podem contar com um ambiente de trabalho mais seguro, com a sustentabilidade econômica positiva é possível contribuir na dimensão social com maiores impostos pagos e na dimensão ambiental por meio de maior eficácia em relação aos recursos utilizados pelos processos produtivos (KITUKUTHA *et al.*, 2020). Além disso, as indústrias podem proporcionar melhor qualidade de vida por fornecer produtos de qualidade e conforme a necessidade de cada um e propiciar condições adequadas de trabalho a seus colaboradores (SACOMANO *et al.*, 2018).

Shules (2018) e Lima *et al.*, (2019) afirmam que as condições de trabalho tendem a ser melhores, com maior satisfação e menos estresse, os trabalhadores tendem a ser mais qualificados e podem surgir novas profissões e diminuição do número de trabalhadores que executam tarefas repetitivas e manuais e aumento no desempenho dos trabalhadores.

Por outro lado, com a automação de grandes segmentos de operações, a função humana poderá ser substituída por tecnologias como inteligência artificial, robótica, drones, realidade virtual e IoT. Dessa forma, algumas atividades se tornarão obsoletas ou redundantes impactando diretamente os trabalhadores e a sociedade como um todo (MORRAR; ARMAN; MOUSA, 2017).

Outros impactos podem ser sentidos como vida profissional prolongada, maior autonomia/flexibilidade (balanço entre trabalho e vida social), condições de trabalho menos exigentes fisicamente, melhores oportunidades profissionais para pessoas com algum tipo de deficiência e com idade mais avançada e maior proporção de idosos e mulheres nas indústrias (SHULES (2018) e LIMA *et al.*, (2019)).

Para Filho *et al.*, (2021), as tecnologias podem proporcionar a redução no número de acidentes em tarefas consideradas perigosas para humanos e desenvolvida por robôs e melhorias na ergonomia (física e cognitiva) por meio do uso de sensores.

Por outro lado, para Pess e Madalena (2016), os trabalhadores podem sofrer com maior estresse emocional e mental devido à falta de interação entre colaboradores e maior interação com as máquinas. E as empresas podem adquirir problemas devido ao ritmo de qualificação dos colaboradores devido as mudanças de modernização (FILHO *et al.*, 2021)

As tecnologias podem amenizar a falta de trabalhadores qualificados, possibilitar a colaboração entre humanos e máquinas (robôs), maior transparência e previsibilidade nos processos, maior investimento em pesquisa e desenvolvimento, maior número de empregados na área de serviços e Pesquisa e Desenvolvimento e menor hierarquização dentro das empresas (SHULES (2018) e LIMA *et al.*, (2019)).

Quanto aos impactos ambientais, segundo Kitukutha *et al.* (2020), a necessidade de novos equipamentos e dispositivos, equipamentos obsoletos gera o maior uso de materiais, o maior consumo de combustíveis para transporte, a maior geração de resíduos e o maior consumo de energia.

Seguindo no âmbito ambiental, a I 4.0 pode levar ao desmatamento, gerar alta poluição ao meio ambiente e interferência no ecossistema. Por outro lado, o monitoramento da eficiência energética contribui para redução de emissões de CO₂ (KITUKUTHA *et al.*, 2020).

O retorno imediato aos órgãos ambientais devido a coleta de dados automatizada a serem relatadas para as autoridades ambientais e o monitoramento da qualidade da água na rede de distribuição também são impactos observados do conceito de Indústria 4.0 (KAJANUS *et al.*, 2017).

A aplicação do conceito da I 4.0 previne vazamentos de água e qualquer alteração na produção de itens que utilizem a água no processo industrial e a satisfação dos clientes devido aos serviços de mensagens instantâneas para eles quando ocorrem problemas (KAJANUS *et al.*, 2017).

Por fim, Morrar, Arman e Mousa (2017) afirmam que a Indústria 4.0 cresce em um ritmo acelerado e exponencial, dificultando prever os desafios e os benefícios comparados a outras revoluções industriais.

3 Metodologia de Pesquisa

A abordagem metodológica da pesquisa é qualitativa, de natureza aplicada e com relação ao objetivo a pesquisa é classificada como exploratória.

A pesquisa qualitativa tem como foco explicar determinado fenômeno sem utilizar dados numéricos para esse fim. Pode-se dizer que é uma prova de fatos, com aspectos da realidade utilizando diferentes abordagens (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Já a pesquisa de natureza aplicada tem por objetivo solucionar problemas na prática e com envolvimento de verdades e interesses locais (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Para Vilaça (2010), a pesquisa aplicada possui complexidade metodológica e ética e normalmente estão relacionadas ao ensino superior e à pós-graduação, mas não se limita apenas a essas áreas.

A pesquisa é considerada exploratória, por conter menos rigidez e ser utilizada para estudos de caso, técnicas quantitativas e coleta de dados. Em alguns casos a pesquisa exploratória dá origem a uma investigação mais abrangente, são direcionadas a temas pouco explorados e o resultado final costuma ser esclarecedor (GIL, 2008).

Para desenvolvimento da fundamentação teórica os dados deste estudo foram obtidos por meio de pesquisa bibliográfica e documental onde optou-se pela busca em plataformas

conhecidas como Periódico Capes, Scielo e Google acadêmico, devido a razoável quantidade e qualidade dos trabalhos encontrados. As plataformas em questão possuem em seus respectivos bancos de dados artigos, dissertações e livros que contribuem para uma vasta gama de informações sobre o tema estudado. Assim, a fundamentação teórica foi elaborada a partir dos principais conceitos relacionados ao tema deste trabalho.

No tema “Sustentabilidade e Desenvolvimento sustentável” onde foram descritos conceitos e definições, evolução histórica e agenda 2030 – objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), o ano de busca escolhido foi amplo, sem se preocupar com datas efetivas, pois se trata de assuntos discutidos há muito tempo e que ainda prevalecem em fóruns de debate.

Dentre as palavras chaves utilizadas pode-se destacar “Sustentabilidade”, “Desenvolvimento Sustentável”, “Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável”, “Problemas ambientais”, “Principais eventos ambientais” e “Evolução histórica meio ambiente”.

No tema “Sustentabilidade empresarial” foram descritas as ações sustentáveis que as empresas desenvolveram para minimizar os efeitos dos principais problemas ambientais. Já o tema ESG, foi tratado sobre os principais conceitos e definições e os critérios de busca foram as palavras chave: “ESG (*Environmental, Social and Governance*)”, “ASG (Ambiental, Social e Governança)” e “Sustentabilidade empresarial”.

Quando se trata da Sustentabilidade empresarial e ESG, as buscas tiveram como base o ano de 2002 até o ano de 2021, devido ser conceitos relativamente novos, no entanto, utilizou-se referências mais antigas para discorrer sobre a origem destes temas.

No tema “Indústria 4.0” foi tratado sobre a evolução histórica, os principais conceitos e definições e as principais tecnologias pertencentes ao assunto. A busca foi definida para os anos de 2013 a 2018 devido a atualidade do tema tratado e as principais palavras chave utilizadas foram “Indústria 4.0”, “Principais tecnologias” e “Origem da indústria 4.0”.

No tema “Impactos da indústria 4.0 no contexto da sustentabilidade” os critérios de busca foram as palavras chave em português “Indústria 4.0 e sustentabilidade”, “Indústria 4.0 e desenvolvimento sustentável” e “Tecnologias e sustentabilidade”, onde procurou-se relacionar os efeitos sofridos pelas empresas ao implantar novas tecnologias no âmbito da sustentabilidade.

As mesmas palavras-chave em português também foram buscadas em inglês “*Industry 4.0 and sustainability*”, “*Industry 4.0 and sustainable development*” e “*Technologies and sustainability*”.

Após a descrição da fundamentação teórica, no que tange ao tema “Impactos da indústria 4.0 no contexto da sustentabilidade”, foi possível sintetizar os principais impactos e descrevê-los conforme quadro 2.

Quadro 2: Principais impactos.

PRINCIPAIS IMPACTOS	REFERÊNCIAS
Preveniu roubo e perdas no serviço de entrega de mercadorias	(HUDSON, 2017)
Possibilitou introdução de outros sensores que podem reunir dados ambientais e de poluição geográfica	
Preveniu desafios e benefícios comparados a outras revoluções industriais, devido ao ritmo acelerado de novas tecnologias	(MORRAR; ARMAN; MOUSA, 2017)
Preveniu vazamentos de água	
Preveniu alteração na produção de itens que utilizem a água no processo industrial	(KAJANUS <i>et al.</i> , 2017)
Respondeu rapidamente o cliente, deixando-o mais satisfeito	
Respondeu as necessidades dos órgãos ambientais rapidamente	
Monitorou a qualidade da água na rede de distribuição	
Surgiu a necessidade de novos equipamentos e dispositivos	(KITUKUTHA <i>et al.</i> , 2020)
Gerou grande quantidade de equipamentos obsoletos	
Gerou maior consumo de combustíveis para transporte	
Gerou grande quantidade de resíduos	
Aumentou o consumo de energia	
Possibilitou a simulação de linha de produtos	
Surgiu veículos logísticos autônomos	
Gerou alta poluição ao meio ambiente	
Interferiu no ecossistema	
Levou ao desmatamento devido a intensidade da Indústria 4.0	

Quadro 2: Principais impactos (continuação).

Surgiu novas formas de produção de bens e otimização da cadeia de suprimentos	(KITUKUTHA <i>et al.</i> 2020)
Melhorou o gerenciamento do estoque e armazém	
Reduziu a imprecisão no inventário	
Reduziu o tempo de colocação no mercado	
Melhorou o processo de fabricação do produto	
Melhorou o desempenho da indústria, através do uso de dados	
Impediu erros e defeitos na linha de montagem devido a análise preditiva	
Monitorou a eficiência energética que contribuiu para a redução de emissões de CO2	
Reduziu incidentes no trabalho	
Possibilitou a reutilização de materiais	
Possibilitou o pagamento de mais impostos pagos devido a sustentabilidade econômica	
Reduziu o uso de recursos/matéria prima	(PESSL; MADALENA, 2016)
Gerou prejuízos a saúde emocional devido a interação exclusiva com máquinas	
Reduziu as taxas de erro/retrabalho	Adaptado de Schules (2018) e Lima <i>et al.</i> (2019).
Reduziu os custos de setup	
Minimizou os defeitos de qualidade.	
Respondeu rapidamente as demandas de mercado	
Diminuiu os prazos de entrega	
Aumentou o número de empregados na área de serviços e Pesquisa e Desenvolvimento	
Surgiu trabalhadores mais qualificados e novas profissões	
Melhorou as condições de trabalho, com maior satisfação e menos estresse dos colaboradores	
Diminuiu o número de trabalhadores que executam tarefas repetitivas e manuais	
Gerou mais autonomia / flexibilidade (balanço entre trabalho e vida social)	
Amenizou a falta de trabalhadores qualificados	

Quadro 2: Principais impactos (continuação).

Prolongou a vida profissional	Adaptado de Schules (2018) e Lima <i>et al.</i> (2019).
Gerou menos hierarquização dentro das empresas	
Gerou a colaboração entre humanos e as máquinas (robôs)	
Possibilitou um ambiente de trabalho móvel	
Surgiu novas e avançadas tarefas de planejamento	
Gerou maior desenvolvimento da criatividade	
Aumentou o desempenho dos trabalhadores	
Otimizou o processo de tomada de decisões de forma colaborativa entre pessoas e máquinas	
Gerou maior transparência e previsibilidade nos processos	
Gerou condições de trabalho menos exigentes fisicamente	
Melhorou as oportunidades profissionais para pessoas com algum tipo de deficiência	
Melhorou as oportunidades profissionais para pessoas com idade mais avançada	
Proporcionou maior número de idosos e mulheres nas indústrias	
Gerou maior investimento em pesquisa e desenvolvimento	
Aumentou as receitas da empresa	
Aumentou a flexibilidade dos negócios	
Proporcionou a abertura de novos segmentos de clientes	
Lançou e aumentou o portfólio de novos produtos	
Produziu de acordo com os requisitos individuais dos clientes	
Gerou cadeia de valor mais colaborativa	
Reduziu o número de acidentes	FILHO <i>et al.</i> (2021) e SARTOR <i>et al.</i> (2021).
Surgiu problemas com alto ritmo de qualificação de colaboradores	
Melhorou a ergonomia devido ao uso de sensores	

Quadro 2: Principais impactos (continuação).

Realizou compras mais sustentáveis dando apoio assim ao MKT verde	FILHO <i>et al.</i> (2021) e SARTOR <i>et al.</i>
---	---

Fonte: a autora (2023).

Nota-se que os principais impactos apresentados no quadro 2 estão descritos de forma resumida para que possam ser identificados e interpretados por qualquer segmento, seja indústrias ou empresas de pequeno, médio e grande porte, até prestadores de serviços.

Dando continuidade na descrição da metodologia e sua aplicação, após essa etapa foram elaborados o formulário de pesquisa em campo completo e a tabela de impactos relacionados a novas tecnologias utilizadas pela Indústria 4.0 (I 4.0), que estão dispostos no Anexo I e II respectivamente.

Os anexos I e II foram aplicados em forma de entrevistas que ocorreram em duas etapas com o representante da empresa de materiais de construção e produtos afins.

O anexo I corresponde ao Formulário de Pesquisa em campo, que contém 3 questões para contribuir com este trabalho, sendo que a pergunta nº 3 direciona para a “Tabela de Impactos Relacionados às Novas Tecnologias no Âmbito da sustentabilidade” (anexo II).

O anexo II possui uma relação de 66 impactos (positivos e negativos) que foram extraídos do quadro 2 e avaliados pelo representante da empresa, onde verificou-se quais são os impactos existentes sob a perspectiva da aplicação das novas tecnologias do conceito da I 4.0 correspondentes ao seu negócio no âmbito da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável.

O anexo II possui também uma relação entre os impactos e as três dimensões da sustentabilidade (ambiental, econômico e social) a qual utilizou-se a escala de Likert para enriquecer essa análise.

A escala de Likert é um instrumento de pesquisa de fácil organização e pode ser definida como um grupo de afirmações sobre determinado assunto a qual os participantes revelam a concordância em níveis e escalas (JUNIOR; COSTA, 2014). Ainda segundo Junior e Costa (2014), a escala de Likert possui níveis concordância na qual é aplicável a cada item que pode ser usado para medir o grau de satisfação de constructos, tais como, autoestima, depressão, etnocentrismo, religiosidade e racismo.

Neste trabalho a escala de Likert considerou 5 níveis para medir o nível de impacto dos entrevistados quanto as tecnologias da I 4.0 perante a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável. Os níveis são “totalmente positivo”, “parcialmente positivo”, “neutro”, “parcialmente negativo” e “totalmente negativo”.

Além disso, no anexo II foram identificadas as medidas adotadas sobre os impactos negativos, se surgiram novas oportunidades durante a implementação das tecnologias e informações adicionais.

O Formulário de Pesquisa, a Tabela de Impactos Relacionados as Novas Tecnologias no Âmbito da sustentabilidade, bem como demais informações relacionadas a esse trabalho, foram submetidas e aprovados pelo Comitê de Ética da PUC Campinas.

Os dados coletados durante a entrevista foram organizados em resposta as questões e tabelas dos anexos I e II respectivamente. Os impactos foram analisados e identificou-se se eles foram percebidos antes, durante ou após a implementação das tecnologias no âmbito da sustentabilidade.

Após essa etapa os impactos foram classificados em: “observados”, “não observados” e “não se aplicam”. Essa classificação pode ser compreendida como a divisão dos impactos que foi realizada após filtro das respostas da tabela do anexo II, conforme discussão em entrevista com o representante da empresa de material de construção e afins.

Para melhor organização da categorização dos impactos, estes foram divididos em 3 de blocos, sendo o bloco I destinado aos impactos “observados”, o bloco II referente aos impactos “não observados” e o bloco III para os impactos que “não se aplicam”.

Na sequência, houve uma avaliação quanto a dimensão da sustentabilidade (econômica, ambiental e social) e tipo (positivo ou negativo) de impactos listados no anexo II. E por fim, para cada impacto identificado como negativo, foram propostas diretrizes sustentáveis a partir da realização da entrevista e da pesquisa na literatura.

4 Análise de impactos e proposta de diretrizes para minimizar os impactos negativos

Procurando atender aos objetivos propostos neste trabalho, foram realizadas as entrevistas com um dos representantes da empresa de materiais de construção e produtos afins, sendo que o formulário e o questionário que se encontram no anexo I e II respectivamente foram aplicados em duas etapas.

A primeira etapa da entrevista consistiu em entrevista via plataforma *Microsoft Teams*, onde foram apresentadas as informações referentes ao trabalho, tais como objetivo, a proposta desejada e os anexos I e II. No decorrer da entrevista surgiram alguns questionamentos sobre o preenchimento das informações da tabela de impactos relacionados as novas tecnologias. São eles:

1. Os impactos a serem considerados são aqueles já ocorridos? Resposta: Sim, considerar os impactos que já aconteceram, seja durante ou após a implementação das tecnologias da Indústria 4.0 (I 4.0);
2. O *software* de controle de parâmetros da água é aplicável a novas tecnologias da I 4.0? Resposta: Sim, considerar todos os sistemas utilizados pela empresa de materiais de construção;
3. A lista de impactos levantados está de forma genérica, como devo enquadrar os impactos da empresa? Resposta: Nesse caso, verificar o impacto mais próximo a realidade da empresa, posteriormente haverá uma discussão sobre todas as informações levantadas.

Ficou definido entre ambas as partes (entrevistador e entrevistado) que caso o impacto não seja aplicável a tecnologia existente na empresa, não se faz necessário o preenchimento do restante das informações subsequentes da tabela de impactos relacionados a novas tecnologias.

Dando continuidade à entrevista, a segunda etapa consistiu em outra entrevista via plataforma *Microsoft Teams* a qual foram discutidas as informações do anexo I - Formulário de Pesquisa e do anexo II - “Tabela de Impactos Relacionados as Novas Tecnologias no Âmbito da sustentabilidade” com o representante da empresa. Após a discussão, ambos os anexos foram preenchidos por completo.

Com as informações preenchidas dos anexos I e II, foi realizada a organização, a análise qualitativa e quantitativa dos dados coletados e a apresentação das diretrizes para os impactos negativos.

O preenchimento do anexo II foi realizado uma única vez para todas as tecnologias utilizadas pela empresa de materiais de construção.

Destaca-se que os dados coletados contemplam todas as unidades da empresa de materiais de construção e produtos afins a nível Brasil, uma vez que as tecnologias são

corporativas e contaram com a participação interna dos colaboradores para o preenchimento das informações.

A seguir serão apresentados os dados coletados para cada uma das questões, a análise dos dados coletados e posteriormente a sugestão de diretrizes sustentáveis.

4.1 Apresentação dos dados coletados e análise

Primeiramente serão descritos os dados coletados referentes às três perguntas dos “Formulário de pesquisa em campo”.

Na questão 1 - **“Qual foi o motivo para implementar tecnologias relacionadas ao conceito de Indústria 4.0?”**

Nessa questão foi respondido que as tecnologias relacionadas ao conceito da Indústria 4.0 (I 4.0) foram implementadas devido a necessidade de resolver problemas complexos que as tecnologias convencionais não conseguem responder. Atualmente existe uma cultura de dados que podem ser compreendidos com a nova *commodity*. Por meio dos dados é possível a tomada de decisões, resposta rápida e mudança de rotas quando necessário. O varejo utiliza as tecnologias do conceito do I 4.0 para responder diversas premissas, quando se analisa as tecnologias internas é possível observar que quanto mais informação relacionada aos indicadores ambientais de maneira precisa, automatizada e em tempo real, mais é possível a tomada de decisões de forma rápida.

A exemplo disso, tem-se a gestão da quantidade de resíduos gerados, o monitoramento do consumo de água e energia a qual permite realizar análise preditiva prevendo desvios de consumo, ou até mesmo vazamentos, reduzindo assim o impacto ambiental. No caso da robotização é possível reduzir falhas, diminuir a geração de resíduos, aumentar a produtividade da empresa que é um desafio das peças de cerâmica (pisos, porcelanatos e revestimentos cerâmicos) que são peças pesadas de baixa margem e conseqüentemente precisam ter um alto giro em estoque. Atualmente a cerâmica é o carro chefe da empresa em termos de faturamento e devido a grande quantidade de vendas desse item há também grande quantidade de resíduos devido a quebras.

Diante da resposta, percebe-se que a empresa está em processo constante de inovação principalmente no quesito da organização de dados e resolução de questões ambientais, econômicos e de mercado. Tal prática tem relação com a sustentabilidade de forma

generalizada, mas não tem relação direta do impacto da tecnologia com relação a sustentabilidade e ao desenvolvimento sustentável.

Outro ponto importante a destacar é a “robotização”, a qual percebeu-se durante as entrevistas que existe uma grande expectativa de retorno positivo no contexto da sustentabilidade com relação a essa tecnologia, mas principalmente no âmbito econômico.

Na questão 2 - **“Quais são as tecnologias relacionadas à Indústria 4.0 que foram implementadas na sua empresa?”**

Foi respondido que as tecnologias implementadas na empresa estudada, com exceção da robotização que está em fase de estudo, se baseiam em sistemas de gerenciamento que permitem a estruturação de uma série de dados que podem ser usados para monitoramentos ambientais e otimização da cadeia logística.

Diante da resposta, percebe-se que os sistemas de gerenciamento são valiosos na empresa entrevistada, pois formam um banco de dados usados para gestão ambiental e econômica da empresa.

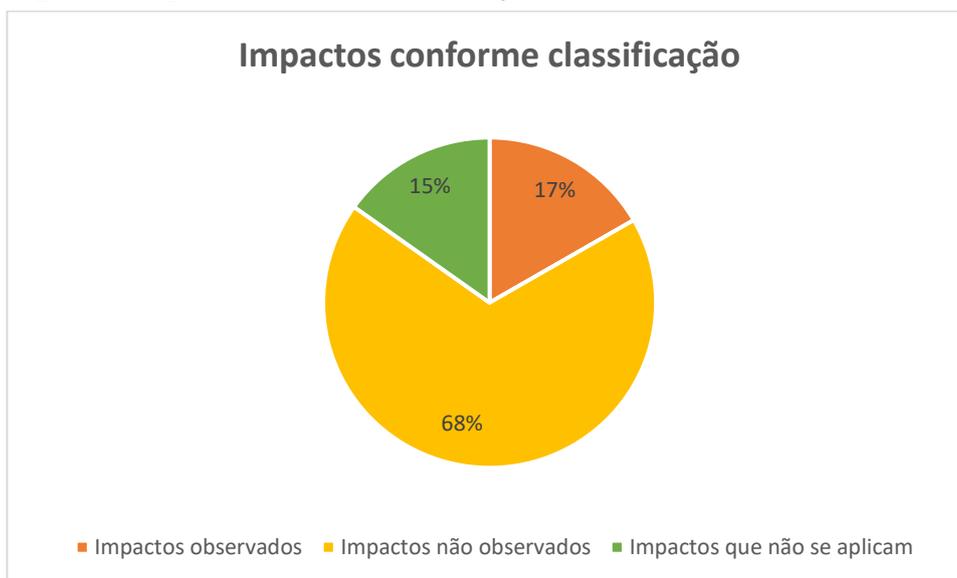
E por fim solicitou-se ao respondente que avaliasse o impacto das tecnologias no âmbito da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável e na sequência que classificasse quanto ao grau de impacto (tipo de impacto) que vai desde impacto totalmente positivo até o impacto totalmente negativo conforme escala de Likert para os impactos constantes no anexo II.

A fim de facilitar a análise e interpretação das informações, serão apresentados a seguir os dados coletados das questões dispostas no anexo II que estão organizadas e descritas em três blocos a saber:

- Bloco I – **impactos observados**: são as questões onde o respondente pôde identificar impactos que ocorreram na implantação, durante e após a implantação de tecnologias relacionadas à I 4.0;
- Bloco II – **impactos não observados**: são as questões onde o respondente não identificou os impactos que ocorreram na implantação, durante e após a implantação de tecnologias relacionadas à I 4.0;
- Bloco III – **não se aplicam**: Ao aplicar o anexo II, por sugestão do respondente surgiu a denominação “não se aplica” a fim de estabelecer uma terceira condição que não faça parte da resposta “Sim” ou Não” da questão “Houve impacto?”. A denominação “não se aplica” faz parte do bloco III e é uma terceira opção para os impactos da I 4.0 que são desconhecidos ou duvidosos pelo representante da empresa.

A Figura 5, apresenta as respostas organizadas dos blocos I, II e III, sendo que 17%, ou seja, 11 impactos foram observados pelo entrevistado nas tecnologias relacionadas a I 4.0, 68 %, ou seja, 45 impactos não foram observados pelo entrevistado e 15 %, ou seja, 10 impactos não se aplicam.

Figura 5: Impactos conforme classificação.



Fonte: a autora (2023).

Conforme a figura 5 é possível observar que a maioria dos impactos foram classificados como “não observados”, o que dá a entender que essa percepção não foi possível pelo fato de não haver um estudo prévio de possíveis impactos no contexto econômico, social e ambiental que esse trabalho procura apresentar. Nesse caso, pode não ter havido por parte da empresa preocupação nesse contexto ao implantar novas tecnologias relacionadas à I 4.0.

A descrição detalhada dos blocos I, II e III bem como a análise será apresentada no item 4.2. Complementando, observou-se que com exceção da robotização, as demais ferramentas descritas nos blocos, I, II e III já existem há algum tempo e, portanto, possuem um grau de amadurecimento dentro da empresa.

4.2 Apresentação dos dados coletados e análise

4.2.1 Bloco I - impactos observados

Neste bloco, serão apresentados os impactos, e seus respectivos números conforme tabela II, que ocorreram antes, durante ou após a implantação das tecnologias da empresa de materiais de construção no âmbito da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável.

Impacto 1: “Preveniu roubo e perdas no serviço de entrega de mercadorias”.

Nessa questão foi respondido que o sistema denominado UNIGIS pode auxiliar de forma indireta na prevenção de roubos e perdas no serviço de entrega de mercadorias. Esse sistema é utilizado para o planejamento da melhor rota disponível, ou seja, é útil para a rota da saída da mercadoria e entrega da mesma, no entanto, não está intrinsecamente relacionado a prevenção de roubos e perdas do produto. Por esse motivo, entende-se que é um impacto totalmente negativo no tripé econômico da sustentabilidade, pois seria interessante que o sistema UNIGIS ou outro sistema pudesse dispor de ferramentas de rastreamento para mitigação de potenciais roubos e perdas de mercadorias, gerando assim ganhos financeiros para a empresa.

Com relação a essa pergunta, nada foi declarado sobre o impacto social e ambiental.

Refletindo sobre a resposta do representante da empresa, observou-se que talvez não seja interessante um sistema UNIGIS completo com rastreamento, devido ao fato de historicamente os roubos e as perdas de mercadorias serem irrelevantes por não ocorrerem com tanta frequência.

Impacto 2: “Possibilitou a introdução de outros sensores que podem reunir dados ambientais e de poluição geográfica”.

O impacto ‘2’ foi discutido durante a entrevista e o entrevistador preferiu considerar o termo “poluição geográfica” como poluição de modo geral, com o objetivo de facilitar a sua interpretação. Sendo assim, como resposta a esse item, a empresa dispõe de ferramentas para organização de dados ambientais e/ou de dados que possam prevenir a poluição geográfica. Para tanto, a empresa possui a Plataforma Verde para o gerenciamento de resíduos, porém sem o uso de sensores para organização dos dados ambientais.

Há também a plataforma TECSUS que faz a utilização de sensores para agrupamento de dados de consumo de água e energia. Diante do exposto, entendeu-se que no âmbito econômico e ambiental o impacto é “totalmente positivo”, pois há controle dos dados ambientais que também servem para diminuição de custos com as faturas de água e energia. E o impacto é “neutro” na categoria social, acredita-se que seja devido à falta de informações disponíveis sobre o impacto 2 na empresa entrevistada.

Diante da resposta, concluiu-se que a ferramenta TECSUS, é uma ferramenta chave para a empresa de materiais de construção, pois dispõe de uma série de dados importantes a qual possibilita diversas ações ambientais.

Impacto 3: “Preveniu desafios e benefícios comparados a outras revoluções industriais, devido ao ritmo acelerado de novas tecnologias”.

A resposta do representante da empresa foi a de que esse impacto foi considerado como “observado”, pois a empresa do ramo de varejo dispõe de tecnologia que antecipe os desafios e os benefícios advindos das mudanças tecnológicas. Devido à ausência dessa ferramenta tecnológica, o representante da empresa considerou o impacto econômico como “totalmente negativo”, principalmente devido à dificuldade de prever os desafios que devem ser detectados o mais rápido possível no segmento de varejo. Por esse motivo, acredita-se que é justificável a ausência de informações das dimensões da sustentabilidade social e ambiental.

A revisão bibliográfica deste trabalho e o sentimento do respondente quando ao impacto “3” são totalmente compreensíveis, uma vez que cada empresa possui um segmento diferente, então as tecnologias podem ter retornos variados gerando muitas dúvidas sobre os impactos causados pelas tecnologias no contexto social, econômico e outros.

Impacto 4: “Preveniu vazamentos de água”.

Para considerar esse impacto observado o respondente discorreu sobre o sistema TECSUS que previne vazamentos de água devido ao monitoramento em tempo real do consumo de água por meio de sensor. Esse monitoramento gera um ganho enorme no quesito ambiental devido a gestão dos recursos naturais, se enquadrando assim como “totalmente positivo” na dimensão ambiental.

A mesma avaliação foi utilizada para a dimensão econômica, pois com o gerenciamento de vazamentos evita-se desperdícios e conseqüentemente reduz custos com o consumo de água. A dimensão social foi preenchida como “parcialmente positiva”, considerando as vantagens da preservação do recurso natural para as comunidades em torno.

Nota-se que resposta a esse impacto, gera ganhos positivos nos três pilares da sustentabilidade (ambiental, social e econômico). Impactos desse tipo, devem ser fortalecidos, pois tendem a trazer benefícios para a sociedade, meio ambiente e para a empresa.

Impacto 6: “Respondeu rapidamente o cliente, deixando-o mais satisfeito”.

Foi declarado pelo representante da empresa que existe atualmente tecnologias de Inteligência Artificial (IA) relacionadas ao perfil dos consumidores e direcionamento a um certo produto. Como por exemplo, quando se busca determinado produto no google, ao acessar outros sites e redes sociais aparecerá propagandas do mesmo produto. Apesar dessas informações,

nada foi declarado nas três dimensões da sustentabilidade seguindo a escala de Likert. Acredita-se que tal fato seja devido à ausência de uma análise específica sobre as tecnologias utilizadas com relação ao impacto “nº 06” na perspectiva da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável.

Diante da resposta, nota-se que existe IA, como uma forma de satisfazer o cliente, no entanto, percebe-se a ausência da descrição das tecnologias e de IA e se há outras tecnologias que comprovem a resposta rápida ao cliente.

Impacto 19: “Surgiu novas formas de produção de bens e otimização da cadeia de suprimentos”.

Nessa questão a resposta foi que esse impacto é “observado” apenas no quesito de “otimização da cadeia de suprimentos”, onde haverá menor geração de resíduos provenientes das quebras devido a movimentação dos produtos que possivelmente será precisa, proporcionando assim impacto ambiental positivo.

No entanto, não há dados concretos para afirmar com exatidão o tipo de impacto ambiental que surgirá após a implantação da robotização e a opção considerada foi “neutro” na dimensão “ambiental”, assim como para a dimensão “social” da sustentabilidade. O efeito “totalmente positivo” foi considerado na dimensão econômica.

Durante a entrevista percebe-se que há grande expectativa com relação a implantação da robotização, que vai de encontro com a resposta desse impacto que considera a perspectiva econômica totalmente favorável. Outro ponto é que conforme declarado, a princípio, as perdas e ganhos ambientais tendem ao equilíbrio, no entanto, é recomendado estudos mais aprofundados sobre o tema.

Impacto 20: “Melhorou o gerenciamento do estoque e armazém”.

Nessa questão foi respondido que cerca de 60 a 70% dos resíduos gerados pela empresa de materiais de construção é proveniente de trocas e quebras do estoque. Com a separação precisa da mercadoria, estima-se que a robotização diminuirá as quebras, proporcionando ganhos econômicos e ambientais. Sendo assim, no quesito econômico o efeito considerado foi de “totalmente positivo”.

Apesar da diminuição na quantidade de resíduos gerados, o entrevistado considerou a dimensão ambiental como “neutra”, devido à ausência de informações sobre a tecnologia da

robotização com relação ao meio ambiente. Na dimensão social, a opção considerada foi “neutra” e nada mais foi declarado com relação a esse assunto.

Assim como a análise do impacto “19”, percebe-se mais uma vez, a grande expectativa sobre a implantação da tecnologia de robotização. Acredita-se que a quantidade exata da redução de geração de resíduos possa ser declarada ao final da implantação da tecnologia bem como a perspectiva positiva ou negativa da dimensão social. Outro ponto a ser considerado é que pelo fato de essa tecnologia estar por ser implantada, a análise de impacto proporcionada por esse trabalho poderá trazer benefícios no contexto da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável.

Impacto 21: “Reduziu a imprecisão no inventário”.

O representante da empresa acredita que a imprecisão no inventário será reduzida devido a robotização, pois a automatização tornará o inventário mais preciso. Sendo assim, o efeito será “totalmente positivo” na dimensão econômica e “neutro” nas dimensões sociais e ambientais.

Por enquanto, durante essa fase de testes do robô, os dados das dimensões sociais e ambientais são considerados como neutros devido à ausência de uma análise aprofundada sobre o tema. Apesar de esse impacto ser considerado como “observado”, percebe-se que há poucos dados sobre a previsão de redução da imprecisão no inventário, acredita-se que esses dados não foram analisados até o momento.

Impacto 26: “Monitorou a eficiência energética que contribuiu para a redução de emissões de CO2”.

Durante entrevista com o representante da empresa, foi constatado que existe um sistema para monitoramento da eficiência energética e das emissões. Sendo assim a categorização quanto a dimensão ambiental e econômica foi de “totalmente positiva” e “neutro” para a dimensão social.

Acredita-se que os dados da ferramenta sejam usados para implantar ações que reduzam o consumo de energia nos pontos principais de maior consumo. Talvez aconteça a mesma situação com as emissões, pois com a disponibilização de dados é possível estabelecer medidas de redução em pontos sensíveis de maior geração de emissão ou até mesmo redução da emissão de gases mais nocivos ao meio ambiente.

Impacto 32: “Reduziu as taxas de erro/retrabalho”.

Nesse item foi respondido que é estimado que as taxas de erro/retrabalho diminuam com a implantação da robotização no centro de distribuição da empresa de materiais de construção, dessa forma haverá ganhos econômicos “totalmente positivo” na dimensão econômica. As perspectivas ambiental e social foram avaliadas como “neutro”.

Em geral, o trabalho manual possui falhas humanas e com a robotização é esperado que as taxas de erro/retrabalho diminuam em um valor considerável. Assim pode ser possível obter dados mais precisos a serem gerenciados e gerar “economia” de tempo (hora x homem) no que tange ao retrabalho.

Impacto 36: “Diminuiu os prazos de entrega”.

A ferramenta UNIGIS em conjunto com o “Robô” (diminuição da velocidade de estoque e *lead time*) que está em fase de testes, são muito importantes para a redução dos prazos de entrega, conforme mencionado pelo representante da empresa. Nesse sentido, a otimização da logística desperta um impacto “totalmente positivo” na dimensão econômica e “parcialmente positivo” no tripé ambiental, pois estima-se que haverá diminuição no consumo de combustível e menos uso do veículo devido ao menor trajeto, evitando assim o desgaste do veículo. Esse impacto não teve nenhuma ação com relação ao tripé social.

É esperado que a separação dos produtos seja realizada de forma mais rápida com a robotização, agilizando assim a entrega dos mesmos. Esse fato e a melhor rota disponível pela ferramenta UNIGIS poderão reduzir os prazos de entrega das mercadorias.

4.2.2 Bloco II - impactos não observados

O bloco II se refere aos impactos que não foram observados antes, durante ou após a implantação de tecnologias da Indústria 4.0 (I 4.0) no âmbito da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável.

Para melhor compreensão deste bloco II, a tabela 2 apresenta todos os impactos não observados.

Tabela 2: Impactos “não observados”.

Item	Impacto
7	Respondeu as necessidades dos órgãos ambientais rapidamente
8	Monitorou a qualidade da água na rede de distribuição
10	Gerou grande quantidade de equipamentos obsoletos
11	Gerou maior consumo de combustíveis para transporte
12	Gerou grande quantidade de resíduos
13	Aumentou o consumo de energia
15	Surgiu veículos logísticos autônomos
16	Gerou alta poluição ao meio ambiente
17	Interferiu no ecossistema
18	Levou ao desmatamento devido a intensidade da Indústria 4.0
27	Reduziu os incidentes no trabalho
28	Possibilitou a reutilização de materiais
29	Possibilitou o pagamento de mais impostos pagos devido a sustentabilidade econômica
30	Reduziu o uso de recursos/matéria prima
35	Respondeu rapidamente as demandas de mercado
38	Surgiu trabalhadores mais qualificados e novas profissões
39	Melhorou as condições de trabalho, com maior satisfação e menos estresse dos colaboradores
40	Diminuiu o número de trabalhadores que executam tarefas repetitivas e manuais
41	Gerou mais autonomia / flexibilidade (balanço entre trabalho e vida social)
42	Amenizou a falta de trabalhadores qualificados
43	Prolongou a vida profissional
44	Gerou menos hierarquização dentro das empresas
45	Gerou a colaboração entre humanos e as máquinas
46	Possibilitou um ambiente de trabalho móvel
47	Surgiu novas e avançadas tarefas de planejamento
48	Gerou maior desenvolvimento da criatividade
49	Aumentou o desempenho dos trabalhadores
50	Otimizou o processo de tomada de decisões de forma colaborativa entre pessoas e máquinas
51	Gerou maior transparência e previsibilidade nos processos
52	Gerou condições de trabalho menos exigentes fisicamente
53	Melhorou as oportunidades profissionais para pessoas com algum tipo de deficiência
54	Melhorou as oportunidades profissionais para pessoas com idade mais avançada
55	Proporcionou maior número de idosos e mulheres nas indústrias
56	Gerou maior investimento em pesquisa e desenvolvimento
57	Aumentou as receitas da empresa
58	Aumentou a flexibilidade dos negócios
59	Proporcionou a abertura de novos segmentos de clientes
60	Lançou e aumentou o portfólio de novos produtos
61	Produziu de acordo com os requisitos individuais dos clientes
62	Gerou cadeia de valor mais colaborativa
63	Reduziu o número de acidentes
64	Surgiu problemas com alto ritmo de qualificação de colaboradores
65	Melhorou a ergonomia devido ao uso de sensores

Tabela 2: Impactos “não observados”.

Item	Impacto
66	Realizou compras mais sustentáveis dando apoio assim ao MKT verde

Fonte: a autora (2023).

Apesar de os impactos “11 - Gerou maior consumo de combustíveis para transporte”, “12 - Gerou grande quantidade de resíduos” e “13 - Aumentou o consumo de energia” não serem considerados, o respondente da empresa afirmou que estes são monitorados pelos sistemas denominados de UNIGIS e TECSUS, onde as informações são úteis para detecção de impactos ambientais caso haja aumento da geração de resíduos, aumento no consumo de recursos naturais, além de otimizar a logística das linhas de transportes, a qual reduz o km rodado e conseqüentemente apoia na redução do consumo de combustível.

Segundo o entrevistado o impacto “8 - Monitorou a qualidade da água na rede de distribuição” é gerenciado periodicamente através de análises laboratoriais e do monitoramento de vazão. Ao analisar o impacto “7 - Respondeu as necessidades dos órgãos ambientais rapidamente” durante a entrevista, a empresa considerou este impacto pequeno ao comparar o setor de varejo com o setor da indústria.

As indústrias em geral, devido ao alto grau de impacto ambiental, costumam ter questões ambientais burocráticas e geralmente respondem as exigências de órgãos federais como o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), órgãos estaduais como a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) no caso do estado de São Paulo e legislações federais, como por exemplo o Decreto 8.468, de 08 de setembro de 1976.

Por falar nas questões ambientais, foi discutido durante a entrevista que os impactos a seguir não ocorreram antes, durante ou após a implantação de tecnologias utilizadas pela empresa de materiais de construção: “10 - Gerou grande quantidade de equipamentos obsoletos”, “15 - Surgiu veículos logísticos autônomos”, “16 - Gerou alta poluição ao meio ambiente”, “17 - Interferiu no ecossistema”, “18 - Levou ao desmatamento devido a intensidade da Indústria 4.0”, “28 - Possibilitou a reutilização de materiais” e “30 - Reduziu o uso de recursos/matéria prima”.

Diante das respostas do entrevistado, não há evidências que os impactos “29 - Possibilitou o pagamento de mais impostos pagos devido a sustentabilidade econômica”, “35 - Respondeu rapidamente as demandas de mercado”, “47 - Surgiu novas e avançadas tarefas de planejamento”, “51 - Gerou maior transparência e previsibilidade nos processos”, “56 - Gerou maior investimento em pesquisa e desenvolvimento”, “57 - Aumentou as receitas da empresa”

e “58 - Aumentou a flexibilidade dos negócios”, “59 - Proporcionou a abertura de novos segmentos de clientes”, “60 - Lançou e aumentou o portfólio de novos produtos”, “61 - Produziu de acordo com os requisitos individuais dos clientes”, “62 - Gerou cadeia de valor mais colaborativa” e “66 - Realizou compras mais sustentáveis dando apoio assim ao MKT verde” aconteceram.

O respondente da empresa de materiais de construção afirmou que segundo análise interna, a tecnologia de robotização que está em estudo tenderá a trazer inúmeras melhorias ao processo, principalmente no que tange ao estoque e cadeia de suprimentos, no entanto, estima-se que os impactos a seguir possam surgir após a efetiva implantação da tecnologia: “27 - Reduziu os incidentes no trabalho”, “38 - Surgiu trabalhadores mais qualificados e novas profissões”, “39 - Melhorou as condições de trabalho, com maior satisfação e menos estresse dos colaboradores”, “40 - Diminuiu o número de trabalhadores que executam tarefas repetitivas e manuais”, “45 - Gerou a colaboração entre humanos e as máquinas”.

Nesse impacto “27”, foi respondido que os incidentes no trabalho são monitorados via sistema para controle da quantidade de incidentes que ocorreram com o objetivo de reduzi-los.

E por fim, ainda no aspecto social, foi respondido que os impactos a seguir não foram localizados: “41 - Gerou mais autonomia / flexibilidade (balanço entre trabalho e vida social)”, “42 - Amenizou a falta de trabalhadores qualificados”, “43 - Prolongou a vida profissional”, “44 - Gerou menos hierarquização dentro das empresas”, “46 - Possibilitou um ambiente de trabalho móvel”, “48 - Gerou maior desenvolvimento da criatividade”, “49 - Aumentou o desempenho dos trabalhadores”, “50 - Otimizou o processo de tomada de decisões de forma colaborativa entre pessoas e máquinas”, “52 - Gerou condições de trabalho menos exigentes fisicamente”, “53 - Melhorou as oportunidades profissionais para pessoas com algum tipo de deficiência”, “54 - Melhorou as oportunidades profissionais para pessoas com idade mais avançada”, “55 - Proporcionou maior número de idosos e mulheres nas indústrias”, “63 - Reduziu o número de acidentes”, “64 - Surgiu problemas com alto ritmo de qualificação de colaboradores e “65 - Melhorou a ergonomia devido ao uso de sensores”.

4.2.3 Bloco III – não se aplicam

O bloco III se caracteriza pelos impactos que “não se aplicam” ao segmento da empresa de materiais de construção. A fim de simplificar a análise desses impactos, o bloco III se inicia com o resumo dos impactos que “não se aplicam” conforme tabela 3 e na sequência há uma discussão sobre eles.

Tabela 3: Impactos que “não se aplicam”.

Item	Impacto
5	Preveniu de alteração na produção de itens que utilizem a água no processo industrial
9	Surgiu a necessidade de novos equipamentos e dispositivos
14	Possibilitou a simulação de linha de produtos
22	Reduziu o tempo de colocação no mercado
23	Melhorou o processo de fabricação do produto
24	Melhorou o desempenho da indústria, através do uso de dados
25	Impediu erros e defeitos na linha de montagem devido a análise preditiva
31	Gerou prejuízos a saúde emocional devido a interação exclusiva com máquinas
33	Reduziu os custos de setup
34	Minimizou os defeitos de qualidade

Fonte: a autora (2023).

Segundo o entrevistado, o impacto “34 - Minimizou os defeitos de qualidade” que “não se aplica” possui controle e é tratado por meio de auditorias em fornecedores que atuam como marca própria para a empresa de materiais de construção.

Com exceção do impacto “31 - Gerou prejuízos a saúde emocional devido a interação exclusiva com máquinas” a qual é um impacto social comumente encontrado e o impacto “9 - Surgiu a necessidade de novos equipamentos e dispositivos” que pode ser implementado na empresa de materiais de construção, os demais impactos “5 – Preveniu de alteração na produção de itens que utilizem a água no processo industrial”, “14 - Possibilitou a simulação de linha de produtos”, “22 - Reduziu o tempo de colocação no mercado”, “23 - Melhorou o processo de fabricação do produto”, “24 - Melhorou o desempenho da indústria, através do uso de dados” e “25- Impediu erros e defeitos na linha de montagem devido a análise preditiva”, são referentes a processos industriais, portanto tal fato explica a classificação de “não se aplica” do respondente por se tratar do setor de serviços e varejo.

4.3 Proposta de diretrizes sustentáveis

Com o objetivo de organizar os dados e na sequência propor as diretrizes sustentáveis, os impactos da tabela do anexo II foram divididos conforme as três dimensões da sustentabilidade (ambiental, social e econômico) e foram classificados conforme o tipo de impacto Positivo (P) ou Negativo (N).

Dos 66 impactos, 15 foram categorizados na dimensão ambiental (vide Tabela 4), 22 na dimensão social (vide Tabela 5) e 29 na dimensão econômica (vide Tabela 6). Com relação ao tipo de impacto 57 foram considerados positivos e 09 foram considerados negativos.

Tabela 4: Impactos relacionados a dimensão ambiental.

Item	Ambiental	Tipo de impacto
2	Possibilitou a introdução de outros sensores que podem reunir dados ambientais e de poluição geográfica	P
4	Preveniu vazamentos de água	P
5	Preveniu de alteração na produção de itens que utilizem a água no processo industrial	P
7	Respondeu as necessidades dos órgãos ambientais rapidamente	P
8	Monitorou a qualidade da água na rede de distribuição	P
10	Gerou grande quantidade de equipamentos obsoletos	N
11	Gerou maior consumo de combustíveis para transporte	N
12	Gerou grande quantidade de resíduos	N
13	Aumentou o consumo de energia	N
16	Gerou alta poluição ao meio ambiente	N
17	Interferiu no ecossistema	N
18	Levou ao desmatamento devido a intensidade da Indústria 4.0	N
26	Monitorou a eficiência energética que contribuiu para a redução de emissões de CO2	P
28	Possibilitou a reutilização de materiais	P
30	Reduziu o uso de recursos/matéria prima	P

Fonte: a autora (2023).

Tabela 5: Impactos relacionados a dimensão social.

Item	Social	Tipo de impacto
27	Reduziu os incidentes no trabalho	P
31	Gerou prejuízos a saúde emocional devido a interação exclusiva com máquinas	N
32	Reduziu as taxas de erro/retrabalho	P
38	Surgiu trabalhadores mais qualificados e novas profissões	P
39	Melhorou as condições de trabalho, com maior satisfação e menos estresse dos colaboradores	P
40	Diminuiu o número de trabalhadores que executam tarefas repetitivas e manuais	P
41	Gerou mais autonomia / flexibilidade (balanço entre trabalho e vida social)	P
42	Amenizou a falta de trabalhadores qualificados	P
43	Prolongou a vida profissional	P
44	Gerou menos hierarquização dentro das empresas	P
45	Gerou a colaboração entre humanos e as máquinas (robôs)	P
46	Possibilitou um ambiente de trabalho móvel	P
47	Surgiu novas e avançadas tarefas de planejamento	P
48	Gerou maior desenvolvimento da criatividade	P
49	Aumentou o desempenho dos trabalhadores	P
52	Gerou condições de trabalho menos exigentes fisicamente	P
53	Melhorou as oportunidades profissionais para pessoas com algum tipo de deficiência	P

Tabela 5: Impactos relacionados a dimensão social.

Item	Social	Tipo de impacto
54	Melhorou as oportunidades profissionais para pessoas com idade mais avançada	P
55	Proporcionou maior número de idosos e mulheres nas indústrias	P
63	Reduziu o número de acidentes	P
64	Surgiu problemas com alto ritmo de qualificação de colaboradores	N
65	Melhorou a ergonomia devido ao uso de sensores	P

Fonte: a autora (2023).

Tabela 6: Impactos relacionados a dimensão econômica.

Item	Econômico	Tipo de impacto
1	Preveniu roubo e perdas no serviço de entrega de mercadorias	P
3	Preveniu desafios e benefícios comparados a outras revoluções industriais, devido ao ritmo acelerado de novas tecnologias	P
6	Respondeu rapidamente o cliente, deixando-o mais satisfeito	P
9	Surgiu a necessidade de novos equipamentos e dispositivos	P
14	Possibilitou a simulação de linha de produtos	P
15	Surgiu veículos logísticos autônomos	P
19	Surgiu novas formas de produção de bens e otimização da cadeia de suprimentos	P
20	Melhorou o gerenciamento do estoque e armazém	P
21	Reduziu a imprecisão no inventário	P
22	Reduziu o tempo de colocação no mercado	P
23	Melhorou o processo de fabricação do produto	P
24	Melhorou o desempenho da indústria, através do uso de dados	P
25	Impediu erros e defeitos na linha de montagem devido a análise preditiva	P
29	Possibilitou o pagamento de mais impostos pagos devido a sustentabilidade econômica	P
33	Reduziu os custos de setup	P
34	Minimizou os defeitos de qualidade	P
35	Respondeu rapidamente as demandas de mercado	P
36	Diminuiu os prazos de entrega	P
37	Aumentou o número de empregados na área de serviços e Pesquisa e Desenvolvimento	P
50	Otimizou o processo de tomada de decisões de forma colaborativa entre pessoas e máquinas	P
51	Gerou maior transparência e previsibilidade nos processos	P
56	Gerou maior investimento em pesquisa e desenvolvimento	P
57	Aumentou as receitas da empresa	P
58	Aumentou a flexibilidade dos negócios	P
59	Proporcionou a abertura de novos segmentos de clientes	P
60	Lançou e aumentou o portfólio de novos produtos	P
61	Produziu de acordo com os requisitos individuais dos clientes	P
62	Gerou cadeia de valor mais colaborativa	P

Tabela 6: Impactos relacionados a dimensão econômica.

Item	Econômico	Tipo de impacto
66	Realizou compras mais sustentáveis dando apoio assim ao MKT verde	P

Fonte: a autora (2023).

A seguir foram sugeridas diretrizes sustentáveis para cada impacto negativo seja na dimensão ambiental, social ou econômica. Ao analisar os impactos negativos, notou-se que a maioria deles pode ser evitado e/ou mitigado, caso haja um planejamento antecedente a implantação da tecnologia da I 4.0.

Como sugestão de diretriz, os equipamentos a que se refere o impacto “10 - Gerou grande quantidade de equipamentos obsoletos” podem ser realocados ou reaproveitados em outros departamentos.

Em último caso, os equipamentos poderiam ser encaminhados para a reciclagem e/ou doação, assim como no impacto “12 - Gerou grande quantidade de resíduos”. Outra sugestão é a logística reversa de resíduos que traz grandes benefícios econômicos, sociais e ambientais.

A logística reversa é uma ferramenta organizacional que promove as cadeias reversas (técnica e econômica), viabilizando a sustentabilidade da cadeia produtiva. Além disso, satisfaz as necessidades dos clientes, gera maior rentabilidade e agrega valor ao produto (SHIBAO; MOORI; SANTOS, 2010).

Ainda de acordo com Shibao, Moori e Santos (2010) a logística reversa consiste na coleta, recuperação e reprocessamento do produto. A coleta do produto é completa e contém itens que não são passíveis de reciclagem, fato que não pode ser desprezado na logística reversa.

Com relação ao impacto “11 - Gerou maior consumo de combustíveis para transporte”, rotas mais curtas podem ser previstas para um trajeto menor e conseqüentemente haverá diminuição no consumo de combustível. Outro ponto, é que as manutenções dos veículos devem estar em dia, proporcionando assim um bom desempenho do veículo gerando menos consumo de combustível, além de contribuir para a diminuição das emissões atmosféricas.

Os veículos que utilizam combustíveis provenientes de fontes renováveis podem ser um complemento a diretriz proposta no impacto “11”.

O Biodiesel por exemplo é um combustível renovável a qual a taxa emitida de dióxido de carbono (CO₂) é absorvida pelas plantas. No Brasil as principais matérias primas utilizadas

para produção de biodiesel são: algodão, macaúba, milho, soja, girassol e etc. (Almeida *et al.*, 2013).

O impacto “13 - Aumentou o consumo de energia” pode ser minimizado com a utilização de tecnologias que gerem a própria energia como por exemplo, máquinas que contenham placas solares. Os projetos de eficiência energética também são aliados para a redução do consumo de energia, uma vez que identificam os picos e pontos de maior consumo, possibilitando atuar sobre eles.

Os impactos “16 - Gerou alta poluição ao meio ambiente”, “17 - Interferiu no ecossistema” e “18 - Levou ao desmatamento devido a intensidade da Indústria 4.0” são interrelacionados e podem ser tratados com a mesma diretriz.

São várias as diretrizes propostas nesse caso, pois deve-se pensar no início de qualquer processo, no caso de um produto por exemplo, antes de desenvolver o mesmo, é preciso analisar quais matérias primas são necessárias para a sua fabricação e qual é o impacto da extração delas no meio ambiente.

Nesse caso, uma sugestão seria optar por matérias primas renováveis e que sejam passíveis de reciclagem no final da vida útil do produto. Além disso, o ideal é que não haja desmatamento para extração da matéria prima e caso não exista outra opção, deve-se utilizar a quantidade mínima necessária e pode ser desenvolvido um projeto de recomposição florestal respeitando todas as legislações ambientais.

Qualquer interferência no ecossistema deve respeitar a fauna e a flora e a vizinhança. Por falar em vizinhança, essas costumam ser as mais impactadas pela poluição proveniente das indústrias. O ideal é que se opte por tecnologias que contenham filtros que possam regular os gases emitidos e análises frequentes devem ser realizadas para o monitoramento e o controle das emissões de acordo com as legislações aplicáveis conforme segmento da indústria.

No estado de São Paulo, o Decreto n.º 8.468, de 08 de setembro de 1976 aprova o Regulamento da Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente (BRASIL, 2023).

A saúde emocional dos colaboradores conforme o impacto “31 - Gerou prejuízos a saúde emocional devido a interação exclusiva com máquinas” pode ser amenizada com atividades periódicas em grupos com outros colaboradores e por meio de terapias realizadas com

psicólogos. Outra sugestão seria um rodízio de atividades, onde o colaborador possa interagir com os membros de outras equipes.

Ao prever uma tecnologia, deve-se avaliar qual a competência técnica necessária e a que tempo para desenvolvê-la. Dessa forma, será mais fácil antecipar a qualificação dos colaboradores de maneira que agregue valor a sua atividade. Essa diretriz é uma proposta para o impacto “64 – “Surgiu problemas com alto ritmo de qualificação de colaboradores”.

5 Conclusões e sugestões de novos trabalhos

Este trabalho realizou o levantamento dos impactos das tecnologias da I 4.0 no âmbito da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável com base em artigos, dissertações e outros. As informações obtidas na fundamentação teórica bem como os impactos encontrados, foram organizados no formulário de pesquisa em campo e na tabela de impactos relacionados a novas tecnologias utilizadas pela I 4.0.

No total, foram encontrados 66 impactos positivos e negativos a qual foram disponibilizados para classificação (anexo II) de acordo com a escala de Likert nas dimensões ambientais, sociais e econômicas.

Tanto o formulário de pesquisa em campo quanto a tabela de impactos relacionados a novas tecnologias utilizadas pela Indústria 4.0 foram aplicadas em formato de entrevistas em duas etapas, onde as tecnologias implementadas pela empresa de material de construção foram analisadas e discutidas.

Em resumo dentre o total de 66 impactos, 11 impactos foram “observados”, 45 impactos “não foram observados” e 10 impactos “não se aplicam” segundo declarado pelo representante da empresa.

A maioria dos impactos dispostos no anexo II foram classificados como “não observados”. Tal fato chamou a atenção pois, acredita-se que alguns desses impactos classificados como “não observados”, na verdade sejam “observados”, uma vez que durante a entrevista, o representante da empresa comentou que não há um estudo específico sobre o impacto das tecnologias existentes no âmbito da sustentabilidade na empresa.

Com relação as dimensões da sustentabilidade no item econômico, 8 impactos foram classificados como “totalmente positivo” e 2 impactos foram classificados como “totalmente negativo”.

Na dimensão ambiental, 3 impactos foram classificados como “totalmente positivo”, 1 impacto como “parcialmente positivo” e 4 impactos como “neutro”. E por fim, na dimensão

social, 1 impacto foi classificado como “parcialmente positivo” e 7 impactos foram classificados como “neutro”.

Após a análise e organização dos dados, observou-se que o aspecto econômico foi a dimensão mais avaliada em todas as tecnologias existentes na empresa de material de construção. Na sequência de avaliação, há a dimensão ambiental e social respectivamente.

Acredita-se que no âmbito da sustentabilidade, os impactos não existem ou não foram analisados antes, durante ou após a implantação das tecnologias existentes na dimensão social. Tal fato chamou a atenção pela grande quantidade de impactos sem avaliação nesta dimensão.

A divisão dos impactos quanto a dimensão econômica, social e ambiental foi uma tarefa difícil, pois requer uma análise aprofundada sobre a tecnologia vs ganhos financeiros. No caso dos sistemas utilizados na empresa de materiais de construção, requisitos como hora x homem poderiam ser incorporados nessa análise, pois estima-se que as ferramentas usadas pela empresa de materiais de construção poderiam diminuir o tempo gasto com atividades manuais.

Outro ponto observado foi que apenas 2 impactos foram considerados como “totalmente negativo” de acordo com a escala de Likert. O primeiro impacto “1 - Prevenção de roubo e perdas no serviço de entrega de mercadorias” teve essa atribuição, pois a tecnologia implementada para esse fim não é completa o suficiente para a prevenção de roubos e perdas de produtos, conforme mencionado no item “4.2”. Já o segundo impacto “3 - Dificuldade de prevenção dos desafios e benefícios comparados a outras revoluções industriais, devido ao ritmo acelerado de novas tecnologias” teve um motivo semelhante ao impacto “1”, pois o setor de varejo em geral possui diversas tecnologias, mas nenhuma capaz de prever o impacto “3”.

Por fim, como última avaliação sobre a entrevista, observou-se que com relação a sustentabilidade, a empresa de materiais de construção e produtos afins possui diversas práticas muito importantes. No entanto, não há um estudo sobre o impacto das tecnologias da I 4.0 no contexto da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável, talvez por não fazer parte da cultura da empresa atualmente e de eles não terem acesso a uma maneira interessante de fazer esse tipo de análise como é proposto por esse trabalho.

Os impactos levantados neste trabalho conforme disposto no anexo II, foram divididos conforme os três pilares da sustentabilidade, sendo que a maior parte dos impactos foram categorizados na dimensão econômica (quantidade: 29). Na sequência, 22 impactos foram agrupados na dimensão social e 15 impactos na dimensão ambiental.

É possível concluir que na maior parte da literatura buscada, o pilar econômico foi o mais encontrado, fato que vai de encontro também com a entrevista da empresa de material de construção, na qual o aspecto econômico foi o mais discutido e analisado.

Do total de 66 impactos das tecnologias no âmbito da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável, 57 impactos foram distribuídos como positivos e 09 foram considerados negativos.

Foram sugeridas diretrizes para os impactos categorizados como negativos e durante esse processo percebeu-se que o impacto negativo só existirá caso não seja observado e tratado na etapa de planejamento de aquisição e uso de tecnologias da I 4.0.

Espera-se que com esse trabalho, surjam oportunidades para a avaliação da sustentabilidade sob a ótica das tecnologias e que toda a discussão aqui presente possa contribuir para que as empresas mitiguem ou até mesmo previnam os seus impactos.

Como sugestão de trabalhos futuros, outros impactos das tecnologias da I 4.0 no âmbito da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável poderiam ser buscados na literatura como forma de ampliar a discussão deste trabalho. Indo mais além, os impactos das tecnologias da Indústria 5.0 no âmbito da sustentabilidade podem ser buscados, já que será a próxima tendência em um futuro próximo.

Outra sugestão para trabalhos futuros seria aplicar esse questionário simultaneamente em outras empresas que atuem não somente na área do varejo, mas na área industrial e que estejam em um estágio mais avançado da utilização de tecnologias relacionadas à I 4.0. Assim, a aplicação do questionário em várias empresas poderia possibilitar outro tipo de análise, ou seja, se o estágio de maturidade de utilização de tecnologias I 4.0 podem ter relação com o quanto uma empresa é sustentável ou o quanto ela se preocupa com o desenvolvimento sustentável no contexto econômico, social e ambiental.

6 Referências Bibliográficas

AFONSO, C. M. **Sustentabilidade: Caminho ou Utopia?**. São Paulo: Annablume Cidadania e Ambiente, 2016. 2v.

ALBERTIN, A. L.; ALBERTIN, R. M. M. A internet das coisas irá muito além das coisas. **GV Executivo**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 13-17, 2017. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/26851/143810.pdf?sequence=1>. Acesso em: 07 set. 2022.

AMARAL, F. **Introdução à ciência de dados: Mineração de Dados e Big Data**. Rio de Janeiro: Alta Book Editora, 2016. E-book. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=lang_pt&id=hAIVDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR13&dq=big+data&ots=hGbj6t8zv_&sig=JS5gD_9TMgSSzidEBV0WsLvPQ#v=onepage&q&f=false. Acesso em 07 set. 2022.

ALMEIDA, M. B.; OLIVEIRA, W. M.; JUNIOR, W. F. N.; SOUZA, M. L. S. Biodiesel: uma nova forma de combustível renovável. **Bolsista de Valor**, v. 3, 2013. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/6737>. Acesso em: 13 set. 2023.

AMARANTE, M. S. *et al.* Indústria 4.0 e seus impactos na sociedade. **Pesquisa e Ação**, v. 4, n. 3, p. 1-13, nov. 2018. Disponível em: <https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/498>. Acesso em: 03 abr. 2022.

BALTAZAR, A. F. A. B. **Indústria 4.0 e Sustentabilidade**. 2021. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Empresariais) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2021. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/21090>. Acesso em: 24 abr. 2022.

BASSANI, P.; CARVALHO, M. A. V. Pensando a sustentabilidade: um olhar sobre a Agenda 21. **Editora UFPR**, n. 9, p. 69-76, 2004. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/3082/2463>. Acesso em: 27 fev. 2022.

BELINKY, A. Seu ESG é sustentável? Sustentabilidade empresarial é mais que um rótulo da moda e seguir apenas a atual onda pode ser um risco para o negócio e para a sociedade. **Revista GV Executivo**, v. 20, n. 4, p. 37-44, 2021. DOI: <https://doi.org/10.12660/gvexec.v20n4.2021.85080>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/3082/2463>. Acesso em: 05 jul. 2022.

BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006. 2v.

BRASIL, **Carta da terra**, 1992. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/educacao-ambiental/pol%C3%ADtica-nacional-de-educac%C3%A7%C3%A3o-ambiental/documentos-referenciais/item/8071-carta-da-terra.html>. Acesso em: 07 de mar. 2022.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 20 de abr. 2023.

BRASIL. Decreto 8.468, de 09 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. **Assembleia legislativa do estado de São Paulo**, 1976. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>. Acesso em 16 set. 2023.

BOFF, L. **Sustentabilidade: O que é - O que não é**. Rio de Janeiro: Editora Voice Ltda, 2017. E-book. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=px46DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=sustentabilidade&ots=bEtnuB88ub&sig=ZRvgps_u00n6FhqN7Bx_e4cnico#v=onepage&q=sustentabilidade&f=false. Acesso em: 26 fev. 2022.

BONZI, R. S. Meio século de Primavera silenciosa: um livro que mudou o mundo. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 28, p. 207-215, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v28i0.31007>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/31007>. Acesso em: 02 jul. 2022.

CASTANHO, A. M. Direitos Humanos na Primeira Revolução Industrial. **Revista Intertemas**, v. 4, n. 4, p. 1-14, 2008. Disponível em: <http://intertemas.toledoprudente.edu.br/index.php/ETIC/article/view/1602>. Acesso em: 28 fev. 2022.

CATUNDA, E. L. et al. Diálogo Jurídico. **Revista Diálogo Jurídico**, n. 1, p 1-185, 2015. Disponível em: https://mapacultural.secult.ce.gov.br/files/agent/9403/dialogo_juridico_no_17.pdf. Acesso em: 03 jul. 2022.

CHARRUA-SANTOS, F. M. B. et al. Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018. Disponível em: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/167/1671510006/1671510006.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2022.

CORAL, E. **Modelo de Planejamento Estratégico para a Sustentabilidade Empresarial**. 2002. 282 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/82705/189235.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 21 jul. 2022.

COSTA, E.; FERREZIN, N. B. ESG (Environmental, social and corporate governance) e a comunicação: O tripé da sustentabilidade aplicado as organizações globalizadas. **Revista Alter Jor**, v. 2, n. 1, p. 1-17, 2021. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2176-1507.v24i2p79-95>.

Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/alterjor/article/view/187464>. Acesso em: 06 ago. 2022.

CUNHA, C. L. H. **Tecnologia no Varejo Físico: A Criação de Experiências e Captação de Dados**. 2019. 76 f. Dissertação (Graduação em Administração de Empresas) – Centro de Ciências Sociais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/47365/47365.PDF>. Acesso em: 19 ago. 2023.

DINIZ, E. M. Os resultados da Rio +10. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 15, p. 31-35, 2011. DOI: 10.7154/RDG.2002.0015.0003. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47294>. Acesso em: 07 jul. 2022.

ELKINGTON, J. **Canibais com garfo e faca**. São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda, 2012. 2v.

FERREIRA, M. B. M.; SALLES, A. O. T. Política Ambiental Brasileira: Análise histórico-constitucionalista das principais abordagens estratégicas. **Revista de economia**, v. 43, n. 2, p. 1-17, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/re.v42i2.54001>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/economia/article/view/54001>. Acesso em: 05 jul. 2022.

FILHO, W. L. *et al.* Industry 4.0 and corporate sustainability: An exploratory analysis of possible impacts in the Brazilian context. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 167, p. 1-9, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162521001736?via%3Dihub>. Acesso em: 21 fev. 2023.

GARCIA, F. M.; PEREIRA, V. A.; SILVA, R. F. Sustentabilidade nas organizações: uma revisão sistemática. **Research, Society And Development**, v. 10, n. 14, p. 1-12, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/21833/19519>. Acesso em: 16 mar. 2022.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Universidade Aberta do Brasil, 2009.

GERMANO, A. X. S.; MELLO, J. A. V. B.; MOTTA, W. H. Contribuição das tecnologias da indústria 4.0 para a sustentabilidade: uma revisão sistemática. **SciELO**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.24215/18539912e142>. Disponível em: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-99122021000200142. Acesso em: 03 abr. 2022.

GUIMARÃES, D. Tripé da sustentabilidade: Meio Sustentável. **Sustentabilidade**, 2023. Disponível em: <https://meiosustentavel.com.br/sustentabilidade/>. Acesso em: 19 jul. 2022.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. Ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: <https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9nicas-de-pesquisa-social.pdf>. Acesso em 24 abr. 2023.

GOUVEIA, F. S.; CONCEIÇÃO, F. R.; ANTES, J. M. BRITO, P. S.; BOAS, G. C. V. O. Marketing e sua importância para o varejo. **Revista Científica do ITPAC**, v. 4, n. 1, p. 28-39, 2011. Disponível em: <https://assets.unitpac.com.br/arquivos/revista/41/4.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2023.

GRANDISOLI, E.; JACOBI, P. R. Por um novo tripé da sustentabilidade. **Agencia Envolverde Jornalismo**, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/344329367_Por_um_novo_tripec_da_sustentabilidade_e_Edson_Grandisoli_IEA-USP_e_Reconnectta_Pedro_Roberto_Jacobi_IEE_e_IEA-USP. Acesso em: 19 jul. 2022.

GRILLETI, L. De revolução industrial até a Indústria 4.0. **Indústria 4.0: as oportunidades de negócio de uma revolução que está em curso**. 10 ago. 2017. Disponível em: <https://endeavor.org.br/tecnologia/industria-4-0-oportunidades-de-negocio-de-uma-revolucao-que-esta-em-curso/>. Acesso em: 06 mar. 2022.

GURSKI, B.; GONZAGA, R.; TENDOLINI, P. Conferencia de Estocolmo: um marco na questão ambiental. **Administração de Empresas em Revista**, v. 1, n. 7, p. 65-79, 2012. Disponível em: <https://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/conferencia-de-estocolmo-um-marco-na-questao-ambiental.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2022.

HUDSON, D. Value Propositions for the Internet of Things: Guidance for Entrepreneurs Selling to Enterprises. **Technology Innovation Management Review**, v. 7, p. 5-11, 2017. Disponível em: https://timreview.ca/sites/default/files/Issue_PDF/TIMReview_November2017.pdf#page=12. Acesso em: 08 out. 2022.

JACOBI, P. R. Meio ambiente e sustentabilidade. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, p. 175-183, 1999. Disponível em: <https://michelonengenharia.com.br/downloads/Sutentabilidade.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2022.

JUNIOR, S. D. S.; COSTA, F. J. Mensuração e Escalas de Verificação: uma Análise Comparativa das Escalas de Likert e Phrase Completion. In: XVII SEMEAD Seminários em Administração, 2014. **Métodos e Técnicas de Pesquisa**. Disponível em: https://sistema.semead.com.br/17semead/resultado/an_resumo.asp?cod_trabalho=1012. Acesso em: 20 fev. 2023.

JUNIOR, O. C.; JUNIOR, J. R. T.; GALINARI, R.; RAWET, E. L. Tecnologias emergentes aplicáveis ao varejo. **Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social**, v. 42, p. 131-166, 2015. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/9556>. Acesso em: 11 ago. 2023.

KAJANUS, M. *et al.* Designing a Business Model for Environmental Monitoring Services Using Fast MCDS Innovation Support Tools. **Technology Innovation Management Review**, v. 7, p. 36-46, 2017. Disponível em: https://timreview.ca/sites/default/files/Issue_PDF/TIMReview_November2017.pdf#page=12. Acesso em: 08 out. 2022.

KEHL, L. R. Educação Ambiental: lado B – Bloco 2 Sustentabilidade. 2020. Disponível em: https://www.ufrgs.br/ladob-educacaoambiental/wp-content/uploads/2020/08/Documento-Bloco-2_PDF.pdf. Acesso em: 19 jul. 2022.

KITUKUTHA, N. *et al.* Impact of Industry 4.0 on Environmental Sustainability. **Sustainability**, v. 12, p. 1-21, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/11/4674>. Acesso em: 08 out. 2022.

KOFI, A. Who cares win - Connecting Financial Markets to a Changing World. The Global Compact, 2004. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/444801491483640669/pdf/113850-BRI-IFC-Breif-whocares-PUBLIC.pdf>. Acesso em 05 jul. 2022.

LAS CASAS, A. L.; GARCIA, M. T. Estratégias de marketing para varejo. Inovações e diferenciações estratégicas que fazem a diferença no marketing de varejo. Sao Paulo: Novatec, 2007. Disponível em: <https://www.cursosavante.com.br/cursos/curso169/conteudo8670.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2023.

LIMA, F. R.; GOMES, R. Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise Bibliométrica. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 19, n. e0200023, p. 1-30, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20396/rbi.v19i0.8658766>. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8658766>. Acesso em: 26 fev. 2022.

LIMA, G. F. C. O debate da sustentabilidade na sociedade insustentável. **Revista Política & Trabalho**, v. 13, p. 201-222, 1997. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/politicaetrabalho/article/view/6404/19666>. Acesso em 26 jul 2022.

LIMA, M. M. *et al.* A quarta revolução industrial sob o tripé da sustentabilidade. **SEMIOSES: Inovação, Desenvolvimento e Sustentabilidade**, v. 13, n. 3, p. 76-86, 2019. Disponível em: <https://revistas.unisiam.edu.br/index.php/semioses/article/view/392>. Acesso em: 19 jul. 2022.

LOUREIRO, A. F. *et al.* Internet das coisas: Da teoria à prática. **Departamento de Ciência da Computação Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)**, p. 13-32, 2013. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>. Acesso em 07 set. 2022.

MARTINS, C. H. B. *et al.* Da Rio-92 à Rio+20: avanços e retrocessos da agenda 21 no Brasil. **Indicadores Econômicos FEE**, v. 42, n. 3, p. 97-108, 2015. Disponível em:

<https://revistas.dee.spgg.rs.gov.br/index.php/indicadores/article/view/3455>. Acesso em: 06 jul. 2022.

MARTINS, N. F. S.; ALMEIDA, E. V. H. A Revolução Industrial e Indústria 4.0. In: 18^o Nacional de Iniciação Científica, 2018, Jaguariúna. **Ciências sociais e aplicadas**. Disponível em: <https://conic-semesp.org.br/anais/files/2018/1000000129.pdf>. Acesso em: 03 abr.2022.

MORRAR, R.; ARMAN, H.; MOUSA, S. The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective. **Technology Innovation Management Review**, v. 7, p. 21-35, 2017. Disponível em: https://timreview.ca/sites/default/files/Issue_PDF/TIMReview_November2017.pdf#page=12. Acesso em: 08 out. 2022.

Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Organização das Nações Unidas (ONU). Coordenadoria Geral de Desenvolvimento Sustentável (CGDES) do Ministério das Relações Exteriores do Brasil, 2016. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2022.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. Organização das Nações Unidas (ONU). Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 08 jul. 2022.

PALMA, J. M. B.; BUENO, U. S.; STOROLLI, W. G.; SCHIAVUZZO, P. L.; CESAR, F. I. G.; MAKIYA, I. K. Os princípios da Indústria 4.0 e os impactos na sustentabilidade da cadeia de valor empresarial. In: 6th International Workshop Advances in Cleaner Production, 2017, São Paulo. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/sixth/files/sexoes/5B/5/palma_jmb_et_al_academic.pdf. Acesso em 08 set. 2022.

PÁDUA, J. A. *et al.* **Desenvolvimento, justiça e meio ambiente**. Minas Gerais: Peirópolis, 2012. E-book. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=rXKCCwAAQBAJ&pg=PT300&lpg=PT300&dq#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 21 jul. 2022.

PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. O. Indústria 4.0: Conceitos e Perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2018. Disponível em: https://http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/4938/pdf_808. Acesso em: 26 fev. 2022.

PESSL, E.; MADALENA, G. Industry 4.0 and sustainability impacts: Critical discussion on sustainability aspects with a special focus on future of work and ecological consequences. **Internacional Journal of Engineering**, p. 1-6, 2016. Disponível em: <https://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2016/ANNALS-2016-2-21.pdf>. Acesso em: 08 out. 2022.

RIBEIRO, J. P. P.; FREITAG, A. E. B. Gestão na Indústria 4.0. In: VI Congresso Internacional de Logística e Operações do IFSP, 2020, Suzano. **A logística e as novas formas de organização do trabalho em tempos de pandemia**. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/AlbertoFreitag/publication/357535666_Gestao_na_Indus

tria_40/links/61d30ccada5d105e55190c71/Gestao-na-Industria-40.pdf. Acesso em: 02 ago. 2023.

ROMA, J. C. Os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio e sua transição para os Objetivos. **Ciência e Cultura**, v. 71, n. 1, p. 33-39, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602019000100011>. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000967252019000100011&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 08 jul. 2022.

SACOMANO, J. B.; GONÇALVES R. F.; SILVA, M. T.; BONILLA, S. H.; SÁTYRO, W. C. **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2018. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=PNCuDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=Industria+4.0&ots=o0R2uyPJZd&sig=Khdh13_rGlxFKfXATdL4I0JmEpc#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 13 mar. 2022.

SANCHES, B. C.; CARVALHO, E. S.; GOMES, F. F. B. A indústria 4.0 e suas contribuições à sustentabilidade. **Revista Engenharia e Tecnologia Aplicada**, v. 2, n. 1, p. 48-55, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.33947/2595-6264-v2n1-3673>. Disponível em: <http://revistas.ung.br/index.php/engenhariaetecnologia/article/view/3673>. Acesso em: 12 ago. 2022.

SANTOS, A. V. **Planejamento e sustentabilidade em instituições de ensino superior**: Um estudo a luz dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS/ONU). 2019. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Administração Pública, Mestrado Profissional em Administração Pública em Rede Nacional – PROFIAP, Campina Grande, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/17420/1/ANGELA%20VERAS%20SANTOS%20-%20DISSERTA%20c3%87%20c3%83O%20PROFIAP%202019.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2022.

SANTOS, E. H.; SILVA, M. A. Sustentabilidade empresarial: Um novo modelo de negócio. **Revista Ciência Contemporânea**, v. 2, n. 1, p. 75–94, 2017. Disponível em: http://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20180301124814.pdf. Acesso em: 21 jul. 2022.

SANTOS, K. H. C. S.; REZENDE, M. A. A. **As vantagens e desvantagens da aplicação da indústria 4.0 para o desenvolvimento sustentável**. 2021. 46 f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) - Departamento de Gestão e Negócios da Universidade de Taubaté, Taubaté, 2021. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/5188/1/Karla%20Hyppolito%20Cardoso%20dos%20Santos.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2022.

SANTOS, M.; MANHÃES, A. M.; LIMA, A. R. Indústria 4.0: Desafios e oportunidades para o Brasil. In: Simpósio de engenharia de produção de Sergipe, n. 10, 2018. Sergipe. **Sustentabilidade e meio ambiente**. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/10423/2/Industria_4_0.pdf. Acesso em: 02 abr. 2022.

SANTOS, V.; VALENTIM, L. Sustentabilidade econômica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Colégio de aplicação. Departamento de Ciências Exatas e da Natureza

Bioquímica, 2020. Disponível em: https://www.ufrgs.br/colegiodeaplicacao/wp-content/uploads/2020/06/102-Bioqui%CC%81mica_semana-14_Estudios-Dirigidos-1.pdf. Acesso em: 04 mai. 2023.

SARTOR, M. *et al.* Industry 4.0 and sustainability: Towards conceptualization and theory. **Journal of Cleaner Production**, v. 312, p. 1-21, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965262101951X?via%3Dihub>. Acesso em: 21 fev. 2023.

SCHULES, M. V. **Proposta de diagnóstico para adoção das tecnologias da indústria 4.0 em um processo produtivo com base em indicadores de sustentabilidade: Um estudo de caso.** 2018. 90 f. Dissertação (Pós-Graduação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2018. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/54552/R%20-%20D%20-%20MARCOS%20VINICIOS%20SCHULES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 jul. 2022.

SHIBAO, F. Y.; MOORI, R. G.; SANTOS, M. R. A logística reversa e a sustentabilidade empresarial. **Seminários em administração**, v. 13, p. 1-17, 2010. Disponível em: <https://sistema.semead.com.br/13semead/resultado/trabalhosPDF/521.pdf>. Acesso em: 13 set. 2023.

SENHORAS, E. M. O varejo supermercadista sob perspectiva. *Revista Eletrônica de administração*, v. 9, n. 3, 2003. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/read/article/view/42672>. Acesso em: 17 ago. 2023.

SILVA, C. C. D. Sustentabilidade corporativa. In: Simpósio de excelência e gestão em tecnologia, 10, 2009, Rio de Janeiro. **Inteligência artificial: Impactos e desafios.** Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/artigos2009.php?pag=74>. Acesso em: 27 jul. 2022.

SILVA, D. A. G. **Indústria 4.0 com foco nos sistemas cyber físicos.** 2018. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2018. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16230/1/PG_COELE_2018_2_01.pdf. Acesso em 07 set. 2022.

SILVA, J. C. T.; SILVA, M. S. T.; MANFRINATO, J. W. S. Correlação entre gestão da tecnologia e gestão ambiental nas empresas. **Revista Produção**, v. 15, n. 2, p. 198-220, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/cQZGjjTtPW4PYvRJSQ44Trg/abstract/?lang=pt>. Acesso em 26 jul. 2023.

SILVA, J. C. T. A. **Gestão das tecnologias nas empresas e interfaces com a gestão ambiental e gestão energética.** 2005. 63 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia de Produção, Faculdade de Engenharia UNESP, Bauru, 2005. Disponível em: https://www.comexresponde.gov.br/portalmDIC/arquivos/dwnl_1196792057.pdf. Acesso em: 01 ago. 2023.

SION, A. O. **ESG: Novas tendencias do direito ambiental**. Rio de Janeiro: Editora Sinergia, 2021. E-book. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=lang_pt&id=Kds6EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=esg&ots=chmuKHj_5X&sig=LexbOtwdFk5hGLXWWXalnathGUI#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 06 jul. 2022.

SCHULES, M. V. **Proposta de diagnóstico para adoção das tecnologias da indústria 4.0 em um processo produtivo com base em indicadores de sustentabilidade: Um estudo de caso**. 2018. 90 f. Dissertação (Pós-Graduação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2018. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/54552/R%20-%20D%20-%20MARCOS%20VINICIOS%20SCHULES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 jul. 2022.

TAURION, C. **Big Data**. Rio de Janeiro: Brasport Livros e Multimídia Ltda, 2013. E-book. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=lang_pt&id=GAVLAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT11&dq=big+data&ots=YSgnlUtmG&sig=qtWwfoqBsX6zXgOoJLnCBBGitC4#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 07 set. 2022.

VILAÇA, M. L. C. Pesquisa e Ensino: considerações e reflexões. **Revista do Curso de Letras UNIABEU**, v. 1, n. 2, p. 59-74, 2010. Disponível em: <https://revista.uniabeu.edu.br/index.php/RE/article/view/26>. Acesso em: 22 abr. 2022.

VITA, J. B.; ENGELMANN, W. Direito, Economia e Desenvolvimento Sustentável. In: XXV Congresso de Conpedi (Conselho nacional de pesquisa e pós-graduação em direito), 2016, Curitiba. Disponível em: <http://site.conpedi.org.br/publicacoes/02q8agmu/y9agq5n5/PAS72Up0fy364A49.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2022.

ANEXO I

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS – PUC CAMPINAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICT SENSU EM SUSTENTABILIDADE
DISSERTAÇÃO MESTRADO EM SUSTENTABILIDADE
INDÚSTRIA 4.0: ANÁLISE DE IMPACTOS E PROPOSTA DE DIRETRIZES SUSTENTÁVEIS

Formulário de pesquisa em campo

Detalhes da entrevista

Nome da empresa: _____ Data: _____ Hora: _____

Nome do entrevistador: _____

Cargo do entrevistador: _____ Contato do entrevistador: _____

Nome do entrevistado: _____

Cargo do entrevistado: _____ Contato do entrevistado: _____

Definições

A indústria 4.0 permite a interação do ser humano e de tecnologias conhecidas como Big Data, Internet das coisas, Sistemas cyber físicos e Tecnologias de manufaturas.

A tecnologia Big Data contém vários tipos de dados que não estão estruturados e necessitam ter veracidade para serem usados e tratados rapidamente de maneira a gerar valor ao negócio. Assim, a fórmula Big Data pode ser definida como = volume + variedade + velocidade + veracidade (TAURION, 2013).

Já a Internet das Coisas (IoT) é uma extensão da internet atual, a qual possibilita controlar qualquer tipo de objeto, além de permitir que esses objetos possam ser acessados como provedores de serviços (LOUREIRO et al. 2013).

Para Sacomano et al. (2018), os sistemas cyber físicos visam a troca de informações, execução de comandos e acompanhamento do sistema produtivo a qualquer tempo. Esses sistemas possuem sensores para captura e a interpretação de dados, além de controlar o comportamento de dispositivos, objetos e serviços (SILVA, 2018).

No âmbito de tecnologias de manufatura vale salientar a manufatura aditiva ou impressão 3D a qual é possível fabricar peças em um determinado local, sob o comando em outro lugar (SACOMANO et al. 2018).

Essas tecnologias possibilitam respostas rápidas a qualquer situação e o aprimoramento do processo produtivo que contribuem positivamente nos aspectos econômicos, ambientais e sociais (GOMES; SANCHES; CARVALHO, 2018).

É evidente que para obter êxito na eficiência e eficácia dos processos, deve existir um planejamento bem estruturado para implementação das ferramentas da Indústrias 4.0 nas empresas. Aspectos da sustentabilidade e desenvolvimento sustentável devem ser incluídos nesse planejamento, na maioria dos casos estão intrinsecamente relacionados, sendo necessário expandir a abrangência para contemplar o aspecto social, econômico e ambiental.

Já o autor Elkington (2012, p. 52), afirma que a “sustentabilidade é o princípio que assegura que nossas ações de hoje não limitarão a gama de opções econômicas, sociais e ambientais disponíveis para as futuras gerações”.

O desenvolvimento sustentável surgiu na década de 1970 e assim como a sustentabilidade surgiu em meio aos problemas ambientais na qual o consumo exacerbado não acompanhava a regeneração do meio ambiente (BELLEN, 2006).

A sustentabilidade econômica é nada mais do que a gestão dos recursos naturais dentro de um período de tempo. Nesse aspecto, uma das maiores dificuldades é a gestão desse capital (recursos naturais) que sofre com a capacidade de resiliência, conforme a demanda por ele (BELLEN, 2006).

No âmbito da responsabilidade social empresarial, as empresas consideram os interesses e as necessidades humanas em todas as etapas das atividades exercidas (VITA; ENGELMANN, 2016). O interesse é na condição e qualidade de vida do ser humano dentro da ecossfera que pode ser obtido por meio de serviços como por exemplo, acesso a água limpa e tratada, ar puro, serviços médicos, proteção, segurança e educação (BELLEN, 2006).

A responsabilidade ambiental de uma empresa deve estar enraizada na cultura organizacional e mecanismos de controle devem ser estabelecidos de maneira a prevenir qualquer tipo de impacto ambiental, como por exemplo a participação em atividades governamentais relacionadas ao meio ambiente (SILVA, 2009).

Embora existam riscos, as inovações tecnológicas tendem a crescer nos próximos anos e a implantação da indústria 4.0 nas empresas é uma realidade que não tem mais volta. Por outro lado, existe a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável que ganham cada vez mais discussão, afinal o momento atual em que vivemos, força de certa maneira o setor empresarial a se adaptar e a atender as exigências do mundo contemporâneo.

Assim, quando se fala em evolução tecnológica da indústria 4.0, espera-se que haja ganhos econômicos no setor industrial, no entanto pode haver impactos positivos e negativos no contexto social, ambiental e econômico.

Perguntas

Pergunta nº 1: Qual foi o motivo para implementar tecnologias relacionadas ao conceito de Indústria 4.0?

Anotações:

Pergunta nº 2: Quais são as tecnologias relacionadas à Indústria 4.0 que foram implementadas na sua empresa?

Anotações:

ANEXO II

TABELA DE IMPACTOS RELACIONADOS A NOVAS TECNOLOGIAS NO AMBITO DA SUSTENTABILIDADE

Item	IMPACTOS	Houve impacto?		Dimensões da Sustentabilidade						Justifique	Se parcialmente ou totalmente negativo, como a empresa lidou/tratou o impacto? Se a opção escolhida foi totalmente ou parcialmente positivo, surgiu novas oportunidades?
		Sim	Não		Totalmente Positivo	Parcialmente Positivo	Neutro	Parcialmente Negativo	Totalmente Negativo		
1	Preveniu roubo e perdas no serviço de entrega de mercadorias			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
2	Possibilitou a introdução de outros sensores que podem reunir dados ambientais e de poluição geográfica			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
3	Preveniu desafios e benefícios comparado a outras revoluções industriais, devido ao ritmo acelerado de novas tecnologias			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
4	Preveniu vazamentos de água			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
5	Preveniu alteração na produção de itens que utilizem a água no processo industrial			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
6	Respondeu rapidamente o cliente, deixando-o mais satisfeito			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
7	Respondeu as necessidades dos órgãos ambientais rapidamente			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
8	Monitorou a qualidade da água na rede de distribuição			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
9	Surgiu a necessidade de novos equipamentos e dispositivos			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
10	Gerou grande quantidade de equipamentos obsoletos			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
11	Gerou maior consumo de combustíveis para transporte			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
12	Gerou grande quantidade de resíduos			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
13	Aumentou o consumo de energia			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
14	Possibilitou a simulação de linha de produtos			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
15	Surgiu veículos logísticos autonomos			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
16	Gerou alta poluição ao meio ambiente			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							

TABELA DE IMPACTOS RELACIONADOS A NOVAS TECNOLOGIAS NO AMBITO DA SUSTENTABILIDADE

Item	IMPACTOS	Houve impacto?		Dimensões da Sustentabilidade						Justifique	Se parcialmente ou totalmente negativo, como a empresa lidou/tratou o impacto? Se a opção escolhida foi totalmente ou parcialmente positivo, surgiu novas oportunidades?
		Sim	Não		Totalmente Positivo	Parcialmente Positivo	Neutro	Parcialmente Negativo	Totalmente Negativo		
17	Interferiu no ecossistema			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
18	Levou ao desmatamento devido a intensidade da Indústria 4.0			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
19	Surgiu novas formas de produção de bens e otimização da cadeia de suprimentos			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
20	Melhorou o gerenciamento do estoque e armázem			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
21	Reduziu a imprecisão no inventário			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
22	Reduziu o tempo de colocação no mercado			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
23	Melhorou o processo de fabricação do produto			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
24	Melhorou o desempenho da industria, através do uso de dados			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
25	Impediu erros e defeitos na linha de montagem devido a analise preditiva			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
26	Monitorou a eficiencia energética que contribuiu para a redução de emissões de CO2			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
27	Reduziu os incidentes no trabalho			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
28	Possibilitou a reutilização de materiais			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
29	Possibilitou o pagamento de mais impostos pagos devido a sustentabilidade economica			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
30	Reduziu o uso de recursos/matéria prima			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
31	Gerou prejuizos a saúde emocional devido a interação exclusiva com máquinas			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
32	Reduziu as taxas de erro/retrabalho			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							

TABELA DE IMPACTOS RELACIONADOS A NOVAS TECNOLOGIAS NO AMBITO DA SUSTENTABILIDADE

Item	IMPACTOS	Houve impacto?		Dimensões da Sustentabilidade						Justifique	Se parcialmente ou totalmente negativo, como a empresa lidou/tratou o impacto? Se a opção escolhida foi totalmente ou parcialmente positivo, surgiu novas oportunidades?
		Sim	Não		Totalmente Positivo	Parcialmente Positivo	Neutro	Parcialmente Negativo	Totalmente Negativo		
33	Reduziu os custos de setup			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
34	Minimizou os defeitos de qualidade			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
35	Respondeu rapidamente as demandas de mercado			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
36	Diminuiu os prazos de entrega			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
37	Aumentou o número de empregados na área de serviços e Pesquisa e Desenvolvimento			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
38	Surgiu trabalhadores mais qualificados e novas profissões			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
39	Melhorou as condições de trabalho, com maior satisfação e menos estresse dos colaboradores			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
40	Diminuiu o número de trabalhadores que executam tarefas repetitivas e manuais			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
41	Gerou mais autonomia / flexibilidade (balanço entre trabalho e vida social)			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
42	Amenizou a falta de trabalhadores qualificados			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
43	Prolongou a vida profissional			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
44	Gerou menos hierarquização dentro das empresas			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
45	Gerou a colaboração entre humanos e as máquinas (robôs)			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
46	Possibilitou um ambiente de trabalho móvel			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
47	Surgiu novas e avançadas tarefas de planejamento			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
48	Gerou maior desenvolvimento da criatividade			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							

TABELA DE IMPACTOS RELACIONADOS A NOVAS TECNOLOGIAS NO AMBITO DA SUSTENTABILIDADE

Item	IMPACTOS	Houve impacto?		Dimensões da Sustentabilidade						Justifique	Se parcialmente ou totalmente negativo, como a empresa lidou/tratou o impacto? Se a opção escolhida foi totalmente ou parcialmente positivo, surgiu novas oportunidades?
		Sim	Não		Totalmente Positivo	Parcialmente Positivo	Neutro	Parcialmente Negativo	Totalmente Negativo		
49	Aumentou o desempenho dos trabalhadores			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
50	Otimizou o processo de tomada de decisões de forma colaborativa entre pessoas e máquinas			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
51	Gerou mais transparência e previsibilidade nos processos			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
52	Gerou condições de trabalho menos exigentes fisicamente			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
53	Melhorou as oportunidades profissionais para pessoas com algum tipo de deficiência			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
54	Melhorou as oportunidades profissionais para pessoas com idade mais avançada			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
55	Proporcionou maior número de idosos e mulheres nas indústrias			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
56	Gerou mais investimento em pesquisa e desenvolvimento			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
57	Aumentou as receitas da empresa			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
58	Aumentou a flexibilidade dos negócios			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
59	Proporcionou a abertura de novos segmentos de clientes			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
60	Lançou e aumentou o portfólio de novos produtos			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
61	Produziu de acordo com os requisitos individuais dos clientes			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
62	Gerou cadeia de valor mais colaborativa			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
63	Reduziu o número de acidentes			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
64	Surgiu problemas com alto ritmo de qualificação de colaboradores			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							

TABELA DE IMPACTOS RELACIONADOS A NOVAS TECNOLOGIAS NO AMBITO DA SUSTENTABILIDADE

Item	IMPACTOS	Houve impacto?		Dimensões da Sustentabilidade						Justifique	Se parcialmente ou totalmente negativo, como a empresa lidou/tratou o impacto? Se a opção escolhida foi totalmente ou parcialmente positivo, surgiu novas oportunidades?
		Sim	Não		Totalmente Positivo	Parcialmente Positivo	Neutro	Parcialmente Negativo	Totalmente Negativo		
65	Melhorou a ergonomia devido ao uso de sensores			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
66	Realizou compras mais sustentáveis dando apoio assim ao MKT verde			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
67	Outros impactos? DESCREVER			Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
68				Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
69				Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
70				Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
71				Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
72				Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
73				Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
74				Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							
75				Ambiental:							
				Social:							
				Economico:							

*Tipo de impacto Neutro: Impacto que não trouxe benefício e/ou perda positivo e nem negativo