

USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS E O DESEMPENHO AMBIENTAL E SOCIAL: Um Estudo Empírico

MIKE MILITELLO

UFABC- UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

PATRÍCIA BELFIORE FÁVERO

Introdução

Com o passar do tempo o tema Indústria 4.0 ganhou importância de reconhecimento mundial. Surge então o conceito de Cadeia de Suprimentos 4.0 (CS 4.0), para se referir a aplicação da I4.0 no contexto da cadeia de suprimentos (CS). Tal tema ainda é embrionário e representa uma oportunidade para significativa pesquisa acadêmica e contribuição original na área. Considerando o exposto sobre a CS 4.0 em gerar vantagem competitiva, e que existem poucos estudos que explorem seus impactos, é importante que tal tema seja investigado.

Problema de Pesquisa e Objetivo

Considerando o potencial da cadeia de suprimentos 4.0 em gerar vantagem competitiva, e que existem poucos estudos na área, é importante que esta lacuna de conhecimento, ou problema de pesquisa, seja investigado. O objetivo deste artigo é avaliar a associação entre o uso de tecnologias digitais na cadeia de suprimentos (CS) de uma empresa e seu respectivo desempenho ambiental e social.

Fundamentação Teórica

Estudos, como o de Nara et al. (2021) indicam que o uso de tecnologias digitais na cadeia de suprimentos impacta o desempenho financeiro, ambiental e social da empresa. Além disso, estudos como o de Tortorella, Giglio e Dun (2019) indicam que existem características da empresa que moderam o efeito do uso de tecnologias digitais na cadeia de suprimentos e o respectivo desempenho gerado na empresa.

Metodologia

Foi definida uma amostra de empresas de diversos setores e indicadores do uso de tecnologias digitais na CS e de desempenho ambiental e social, os quais foram coletados através de reportagens online e de relatórios de sustentabilidade das empresas da amostra, respectivamente. Com os dados em mãos, foram extraídos quatro fatores do uso de tecnologias digitais, um do desempenho ambiental e um do desempenho social. Em seguida, para testar as hipóteses elaboradas, foram realizadas regressões lineares múltiplas considerando os fatores extraídos e mais três variáveis intervenientes.

Análise dos Resultados

Os resultados revelaram quatro grupos de tecnologias digitais: Dimensão de Integração e Análise de Dados; Dimensão de Automação e Monitoramento de Dados; Dimensão de Interação Humano-Máquina e Aplicativos Móveis; e Dimensão de Manufatura Aditiva e Robótica Colaborativa. Apenas a segunda dimensão está associada com a melhoria no desempenho ambiental. Nenhuma tecnologia digital se associou com a melhoria no desempenho social. Além disso, todas as contingências consideradas apresentaram um pequeno efeito moderador positivo sobre as relações investigadas.

Conclusão

Do ponto de vista teórico, os resultados revelaram quatro grupos de tecnologias digitais, além de responderem a associação entre o uso de tecnologias digitais e o desempenho ambiental e social. Do ponto de vista prático, os resultados ajudam profissionais da área a priorizar grupos de tecnologias digitais em implantação e capacitação interna, de acordo com o desempenho desejado.

Referências Bibliográficas

NARA, E. O. B. et al. Expected impact of industry 4.0 technologies on sustainable development: A study in the context of Brazil's plastic industry. *Sustainable Production and Consumption*, v. 25, p. 102–122, 1 jan. 2021. TORTORELLA, G. L.; GIGLIO, R.; VAN DUN, D. H. Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 39, p. 860–886, 2019. Disponível em:

Palavras Chave

Tecnologias Digitais, Cadeia de Suprimentos, Desempenho Sustentável

Agradecimento a órgão de fomento

Não houve nenhum órgão de fomento para a pesquisa realizada.

USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS E O DESEMPENHO AMBIENTAL E SOCIAL: Um Estudo Empírico

1 INTRODUÇÃO

Conforme Frederico et. al. (2019), com o passar do tempo o tema Indústria 4.0 ganhou importância de reconhecimento mundial, e a razão para este alto interesse é que a I4.0 tem o potencial de agregar valor para as empresas. Surge o conceito de Cadeia de Suprimentos 4.0 (CS 4.0), para se referir a aplicação da I4.0 no contexto da cadeia de suprimentos (CS). Tal tema ainda é embrionário e representa uma oportunidade para significativa pesquisa acadêmica e contribuição original na área. Considerando o exposto sobre o potencial da CS 4.0 em gerar vantagem competitiva, e que existem poucos estudos que explorem seus impactos, é importante que tal tema seja investigado. Além disso, estudos na área que sejam empíricos, quantitativos e com empresas brasileiras são ainda mais escassos.

2 PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVO

Este artigo é orientado por 3 problemas ou questões de pesquisa, a saber:

Questão 1: O uso de tecnologias da I4.0 está associado ao desempenho ambiental?

Questão 2: O uso de tecnologias da I4.0 está associado ao desempenho social?

Questão 3: Intensidade tecnológica, Nível da Cadeia e Controlador moderam tais relações?

Considerando as questões de pesquisa, é importante que se identifique a relação entre as variáveis independentes que indicam o uso de tecnologias da I4.0 na CS, as variáveis dependentes que indicam o desempenho ambiental e social, e as variáveis intervenientes que indicam as características da empresa. Com tal intuito, este estudo tem como objetivo preencher a lacuna de conhecimento da associação entre tecnologias digitais na CS e os desempenhos ambiental e social, assim como do efeito moderador da intensidade tecnológica, nível da cadeia e controlador sobre tal relação. O estudo também permite a compreensão das vantagens e desvantagens do uso de tecnologias digitais na CS. Uma vez que os recursos financeiros são frequentemente escassos, especialmente em economias emergentes ou pequenas e médias empresas, é crucial que investimentos desse tipo sejam bem embasados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Xie et al. (2020), a produção e fabricação de produtos verdes é uma das principais características da I4.0. Uma CS inteligente apoiada pela I4.0 adota design ecológico para atingir a meta de desenvolvimento sustentável. Por meio de uma cooperação estreita entre departamentos e empresas, o CS inteligente pode apoiar a gestão ambiental no processo da CS e alcançar a otimização ambiental do sistema. Para minimizar a poluição ambiental e as emissões de carbono, a CS inteligente leva todos os tipos de negócios entre a CS como um grupo inteiro e forma um sistema de gestão ambiental integrado que otimiza todo o processo de design de produto, aquisição de matéria-prima, fabricação de produto e vendas de produtos para proteção ambiental. Para a quantificação do impacto ambiental, três aspectos devem ser avaliados: poluição ambiental, utilização de recursos e reciclabilidade. A poluição ambiental é avaliada por meio de medidas de particulados, como emissões de PM_{2,5}, SO₂, NOX e CO₂,

que ocorrem ao longo das atividades da CS. A utilização e reciclabilidade de recursos medem até que ponto um recurso está sendo usado para produzir um bem ou serviço e a proporção de máquinas, matérias-primas e ferramentas sendo reutilizadas em toda a CS.

Para Chaim et al. (2018), meios mais holísticos e autossuficientes de educação e treinamento são necessários para atender às necessidades da indústria de manufatura, incorporando fatores de sucesso além do conhecimento técnico e viabilidade econômica, e uma das ferramentas capazes de entregar isso são os *serious games*. Uma preocupação relevante ao desenvolver essas ferramentas é como avaliar o desenvolvimento do aluno e quais objetivos definir como o desafio de aprendizagem. Para abordar esse assunto, Chaim et al. (2018) fazem uma revisão da teoria da avaliação da sustentabilidade, enfocando principalmente as dimensões socioambientais. Também discutem as possibilidades de incorporação dessas métricas em um ambiente virtual de aprendizagem, tanto no que diz respeito ao seu papel na aprendizagem quanto na motivação, suas vantagens e desvantagens de aprendizagem, bem como sua relação com a prática real, tudo no contexto da quarta revolução industrial.

No estudo de Nara et al. (2021), um modelo orientado para a sustentabilidade para avaliar a influência das tecnologias digitais em métricas sustentáveis é proposto. Este modelo analisa o impacto das tecnologias digitais em vários indicadores-chave de desempenho relacionados ao desenvolvimento sustentável, tais como: *Consumo de Água; Consumo de Energia; Emissões de Gases do Efeito Estufa; Descarte de Resíduos Sólidos; Acidentes de Trabalho; Capacitação para Funcionários; e Geração e Manutenção de Emprego*. O modelo foi testado na indústria de plásticos, que possui alto potencial de agregação tecnológica da Indústria 4.0 em economias emergentes. Um método multi-critério TOPSIS difuso foi usado para classificar as tecnologias digitais, identificando aquelas com os impactos mais fortes e mais fracos no desenvolvimento sustentável. Como resultado, mostraram que a internet das coisas, sistemas ciberfísicos, sensores e implementação de Big Data são motores para o desenvolvimento sustentável. Também evidenciaram que essas tecnologias digitais estão associadas a impactos positivos substanciais nas métricas econômicas. No entanto, houve uma influência positiva muito menor nas métricas ambientais e sociais, sugerindo um desequilíbrio na perspectiva do *Triple Bottom Line* para a indústria de plásticos. Além disso, encontraram impactos negativos dos robôs na criação de empregos e baixa influência das tecnologias de computação em nuvem e integração de sistemas para o desenvolvimento sustentável.

O texto acima permite formular hipóteses de acordo com o tipo de desempenho sustentável (ambiental ou social) afetado pelo uso das tecnologias digitais, conforme segue:

Hipótese 1 (H1): O uso de tecnologias digitais possuem um efeito positivo sobre o desempenho ambiental, medido pelos indicadores Consumo de Água, Consumo de Energia, Emissões de CO_{2equiv} e Descarte de Resíduos.

Hipótese 2 (H2): O uso de tecnologias digitais possuem um efeito positivo sobre o desempenho social, medido pelos indicadores Acidentes de Trabalho, Geração e Manutenção de Emprego e Capacitação de Empregados.

De acordo com Tortorella, Giglio e Dun (2019), a teoria da contingência indica que diferentes ambientes/contextos muitas vezes têm necessidades diferentes, exigindo assim abordagens distintas para a gestão de operações. A teoria da contingência é um ângulo popular e vários estudos corroboraram para o entendimento dos efeitos das contingências na implementação da produção enxuta (em inglês, *Lean Production*, cuja sigla é LP). De forma complementar, em 2017 Tortorella e outros autores estudaram o impacto do tamanho da planta, nível da CS, nível de fornecedores *onshore* e idade da iniciativa LP na implementação

deste na CS. No geral, a maioria dos estudos existentes reforça a necessidade de compreender principalmente o contexto no qual a organização está inserida, para que a implementação do LP possa ser adequadamente adaptada. Já em relação a I4.0, uma vez que este é um tópico de pesquisa mais recente, as evidências sobre o efeito das contingências são muito mais escassas. Os poucos estudos existentes avaliaram vagamente o efeito de certas contingências, como tamanho da empresa e intensidade tecnológica, conforme um estudo de Tortorella em 2018, sobre o nível de adoção de I4.0. Na verdade, a maioria dos estudos existentes apenas previram conceitualmente algumas contingências que podem afetar o nível de adoção da I4.0, como aspectos socioeconômicos e setor da indústria, mas sem qualquer validação empírica. Visando preencher tal lacuna de pesquisa, Tortorella, Giglio e Dun (2019) avaliaram os resultados de quatro ambientes organizacionais e contingências do tipo de estrutura organizacional (ou seja, intensidade tecnológica, nível de camada da CS, tamanho da empresa e duração da implantação do LP). Por meio deste, esses autores complementaram pesquisas anteriores e forneceram evidências empíricas das associações entre essas contingências e o desempenho operacional e sustentável da indústria 4.0.

Considerando o exposto acima, é possível formular mais quatro hipóteses:

Hipótese 3.1: Intensidade Tecnológica modera positivamente a relação entre o uso de tecnologias digitais e o Desempenho Ambiental, medido pelos indicadores *Consumo de Água*, *Consumo de Energia*, *Emissões de CO₂equiv* e *Descarte de Resíduos*.

Hipótese 3.2: Intensidade Tecnológica modera positivamente a relação entre o uso de tecnologias digitais e o Desempenho Social medido pelos indicadores *Acidentes*, *Emprego* e *Capacitação*.

Hipótese 4.1: Nível da Cadeia modera a relação entre o Uso de Tecnologias Digitais e o Desempenho Ambiental, medido pelos indicadores *Consumo de Água*, *Consumo de Energia*, *Emissões de CO₂equiv* e *Descarte de Resíduos*.

Hipótese 4.2: Nível da Cadeia modera a relação entre o Uso de Tecnologias Digitais e o Desempenho Social medido pelos indicadores *Acidentes*, *Emprego* e *Capacitação*.

Já Jie, Limeng e Manru (2020), para estimar com mais precisão o impacto da manufatura inteligente no desempenho financeiro e no desempenho da inovação, selecionaram várias variáveis de controle. Essas variáveis de controle são principalmente algumas características das empresas de manufatura, como intensidade de P&D, tamanho da empresa, controlador atual (estatal ou privada) e nível de escolaridade dos funcionários. A intensidade de P&D refere-se à relação entre despesas de P&D e receita de vendas. O tamanho da empresa é o logaritmo natural do ativo total. Se o controlador atual for uma empresa estatal, o valor da própria é um, enquanto o da empresa privada é zero. O nível de escolaridade dos funcionários é a porcentagem de funcionários com diploma de graduação ou acima.

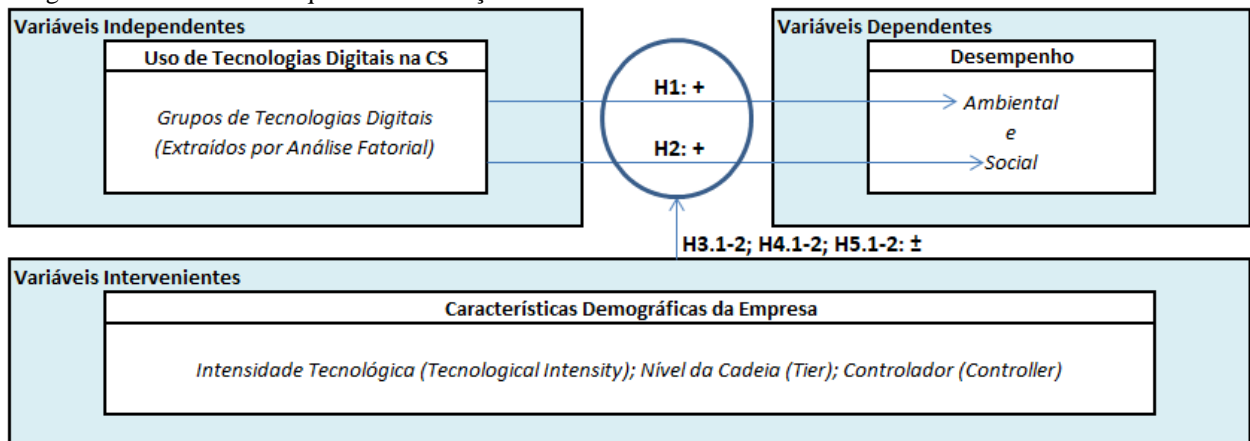
Considerando que as variáveis de controle investigadas por Jie, Limeng e Manru (2020) moderam a relação entre o uso de tecnologias digitais e o desempenho financeiro, é provável que elas também moderem a relação daquelas com o desempenho sustentável. Assim, é possível formular mais duas hipóteses:

Hipótese 5.1: Controlador Atual modera positivamente a relação entre o uso de tecnologias digitais e o Desempenho Ambiental, medido pelos indicadores Consumo de Água, Consumo de Energia, Emissões de CO_{2equiv} e Descarte de Resíduos.

Hipótese 5.2: Controlador Atual modera positivamente a relação entre o uso de tecnologias digitais e o Desempenho Social, medido pelos indicadores Acidentes, Emprego e Capacitação.

A figura 1 a seguir representa o modelo de pesquisa adotado neste trabalho, onde consta as 8 hipóteses formuladas (*H1, H2, H3.1, H3.2, H4.1, H4.2, H5.1 e H5.2*).

Figura 1 - Modelo de Pesquisa com a relação entre as variáveis do estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

3 Metodologia

Essa pesquisa pode ser classificada de natureza aplicada, com objetivo explicativo e abordagem quantitativa. No caso, o método da abordagem é a pesquisa experimental ou experimento.

3.1 Seleção Da Amostra De Empresas

O alvo do estudo foi empresas brasileiras que implantaram tecnologias digitais em sua CS. O método de amostragem foi a amostragem por julgamento (não probabilística). O tamanho da amostra foi 46 empresas. Na tabela 1 abaixo, que resume a composição demográfica das empresas da amostra, foram utilizadas a classificação internacional dos ramos de atuação NAIC, a intensidade tecnológica do setor adotada pela pesquisa da Confederação Nacional da Indústria sobre Indústria 4.0 (CNI, 2018) e o nível da cadeia para dividir as empresas.

Tabela 1 – Composição Demográfica da Amostra de Empresas Seleccionadas

Setor (NAIC N1)	Setor (NAIC N2)	Intensidade Tecnológica	Nível da Cadeia	Empresa	Qtde Abs
Manufatura	Outras (Farmacêutica)	Alta	Fabricante	Aché; Hypera	2
	Computadores e eletrônicos			Multilaser; Whirpool	2
	Química	Média-Alta	Fornecedor	Braskem; Oxítene; Ourofino	3
	Máquinas			Kepler Weber; Weg	2
	Equip. de transporte		Fabricante	Embraer; Iochpe; Randon; Marcopolo	4
	Outras (Biocombustíveis)	Média-Baixa	Fornecedor	São Martinho; Raízen Energia	2
	Prod. de plástico e borracha			Tigre	1
	Siderurgia e outros metais			Gerdau S/A	1
	Alimentos	Baixa	Fabricante	JBS; BRF	2
	Bebidas e Fumo			Ambev	1
	Roupas			Guararapes	1
	Artigos de couro e afins			Alpargatas	1
	Papel			Suzano S/A; Klabin	2
	Impressão			Casa da Moeda*	1
	Artigos de madeira			Dexco	1
Setor (NAIC Nível 1)				Nível da Cadeia	Empresa
Comércio atacadista			Distribuidor	Vibra*; Ipiranga; Natura Cosméticos	3
Comércio varejista			Varejista	Magazine Luisa; Renner; Carrefour	3
Agricultura, pecuária, silvicultura, pesca e caça			Ponto de Origem	Adecoagro; Frisia; SLC Agro	3
Mineração, extração de petróleo e gás				Siderúrgica Nacional; Petrobras; Vale*	3
Transporte e Armazenagem			Facilitador	MRS; JSL; Transpetro*	3
Construção Civil				MRV; Votorantim Cimentos	2
Empresa de eletricidade, gás e água				Comgas; Sabesp*; Eletrobras*	3
Total					46

*Empresas Estatais

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

3.2 Coleta Dos Dados

Através do “Ranking 1500 Maiores” da pesquisa “Empresas Mais” do Estadão foram selecionadas empresas de diversos setores. Os dados sobre uso de tecnologias digitais pelas empresas foram obtidos de reportagens online, e os dados sustentáveis dos relatórios de sustentabilidade destas, respectivamente, de 2018 a 2021. Tais dados estão nas tabelas 16 e 17 do Apêndice. Em relação aos dados sustentáveis, muitos deles foram publicados parcialmente ou não publicados pelas empresas, e na ausência do dado o campo correspondente na tabela 17 foi deixado em branco.

3.3 Variáveis e Escalas De Mensuração

Esse artigo levantou o tempo de adoção de 17 tecnologias digitais pelas empresas da amostra (variáveis independentes), das quais boa parte foi considerada pelo estudo da CNI em 2018 (CNI, 2018). Para os dados levantados de 2018 a 2021 foi utilizado uma escala discreta, variando de “0”, que significa “não adotada”, a “4”, que significa “adotada há 4 anos ou mais”. A tabela 13 do Apêndice demonstra esses dados.

Além disso, foi levantado o desempenho sustentável das empresas da amostra, de 2018 a 2021 (variáveis dependentes), através de 7 indicadores sustentáveis selecionados. Para indicadores sustentáveis, foi utilizada a escala de unidades adotada no relatório de sustentabilidade de onde ele foi coletado. A tabela 14 do Apêndice demonstra estes dados.

Tortorella, Giglio e Dun (2019) avaliaram o efeito da *Intensidade Tecnológica* e o *Nível da Cadeia*, sugerindo que estas variáveis possuem uma influência positiva sobre a adoção da I4.0. Também investigamos essas 2 contingências (variáveis de controle), utilizando a mesma escala dos autores mencionados. Já Jie, Limeng e Manru (2020) investigaram o efeito da variável *Controlador*, ou seja, se a empresa é estatal ou privada, sobre o efeito do uso das tecnologias digitais. Este artigo também investigou o efeito desta contingência (variável de controle), utilizando a mesma escala adotada por estes autores. A tabela 1 exposta também demonstra estes dados.

A tabela 2, a seguir, apresenta as características de cada variável adotada.

Tabela 2 - Variáveis de Controle, Independentes e Dependentes do Estudo

Dimensão	Variáveis Pesquisadas	Escala Adotada	Tipo de Escala
Variáveis de Controle (Características Demográficas da Empresa)	C1 - Controlador (Controller)	1 = Estatal; 0 = Privada	Binária
	C2 - Intensidade Tecnológica (Technology Intensity)	1 = Alta ou Média-Alta; 0 = Média-Baixa ou Baixa	Binária
	C3 - Nível da Cadeia (Tier)	1 = Ponto de Origem, Fornecedor ou Fabricante; 0 = Atacadista/Distribuidor, Varejista ou Facilitador	Binária
Variáveis Independentes (Tempo de Adoção de Tecnologias Digitais na CS)	T1 - Automação Digital c/ Sensor (DigAutomSensor) T2 - Nuvem, Neblina e Borda (Cloud,Fog&Edge) T3 - Análise de Banco de Dados (BigDataAnalytics) T4 - Realidade Aumentada e Virtual (AugmVirtualReality) T5 - Aplicativo Móvel (Mobile Apps) T6 - Interface Humano-Máquina (IHM) T7 - Internet das Coisas (IoT) T8 - Manufatura Aditiva (Additive Manufacturing) T9 - Integração Horiz/Vertical (Horiz/Vertical Integration) T10 - Sistema de Execução da Manufatura (MES/SCADA) T11 - Robô Colaborativo (Cobot) T12 - Segurança Cibernética (CyberSecurity) T13 - Sensor Inteligente (Smart Sensor) T14 - Simulação (Simulation) T15 - Sist Inteligente de Gestão (ManagSmartSystem) T16 - Veículo Autônomo (AGV) T17 - Drone (Drone)	Tempo de Uso da Tecnologia Digital (0 = Não Adotada; 1 = Adotada há 1 ano; 2 = Adotada há 2 anos; 3 = Adotada há 3 anos; 4 = Adotada há 4 anos ou mais)	Ordinal
Variáveis Dependentes (Desempenho Ambiental)	A1 - Consumo de Água A2 - Consumo de Energia A3 - Descarte de Resíduos Sólidos A4 - Emissão de Gases do Efeito Estufa	A1 - Água (Megalitro) A2 - Energia (Gigajoule) A3 - Resíduo (Tonelada) A4 - Emissão de CO ₂ _{equiv} (tCO ₂ e)	Contínua
Variáveis Dependentes (Desempenho Social)	S1 - Capacitação para Empregados S2 - Acidentes de Trabalho S3 - Geração e Manutenção de Emprego	S1 - Capacitação (Hora) S2 - Acidente (Quantidade) S3 - Emprego (Quantidade)	Discreta

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

3.4 Análise Dos Dados

Primeiro, realizou-se a correlação de Pearson entre os fatores extraídos das variáveis para indicar se há alta associação entre eles. Segundo, realizou-se um fatorial por componentes principais com rotação varimax para as tecnologias da I4.0, e outros para cada um dos desempenho ambiental e social. Por último, realizaram-se *Regressões Lineares Múltipla de Mínimos Quadrados Ordinários* para relacionar as variáveis. No caso, para a var. dependente, foram usados os fatores extraídos de cada tipo de desempenho. Já para as var.

explicativas foram usados os fatores extraídos das tecnologias da I4.0 e as variáveis *Intensidade Tecnológica, Nível da Cadeia e Controlador*.

Quatro modelos foram examinados. Os modelos 1 e 3 usaram como var. dependente o fator extraído das var. de desempenho ambiental e social (modelo 1 usou o ambiental e o 3 usou o social), e como var. explicativas, o efeito das variáveis de controle *Intensidade Tecnológica, Controlador e Nível da Cadeia*. Já o modelos 2 e 4 usaram a mesmas var. dos modelos 1 a 3 e incluíram nas var. explicativas os fatores extraídos das tecnologias da I4.0. Segue a equação geral (1) usada:

$$Y = \alpha + \sum_{i=1}^4 \beta_i * X_i + \sum_{i=5}^{5+m} \beta_i * X_i \quad (1)$$

Onde:

Y = Variável Dependente (fator extraído dos indicadores ambiental ou social);

α = Constante do modelo;

β_i = Coeficiente i de cada variável X_i considerada;

$X_{1 < i < 3}$ = Variável de Controle i (Intensidade Tecnológica, Controlador, Nível da CS);

$X_{4 < i < 4+m}$ = Variável Independente i (fatores extraídos das var. de tecnologias da I4.0);

m = Número de fatores extraídos das variáveis da Indústria 4.0;

Por último, após a obtenção dos resultados pelo software SPSS, foram realizadas análises e discussões destes visando maximizar o lucro da empresa.

3.5 Limitações Do Método

Dentre as limitações, pode-se citar: a amostra não-probabilística e com apenas empresas brasileiras, o que enfraquece a generalização das análises feitas; poucas empresas estatais na amostra, o que enfraquece conclusões sobre tal contingência; uma escala para medir o tempo de adoção de cada tecnologia, ao invés de uma que meça o grau de adoção de cada tecnologia, o que gera imprecisão nos resultados e talvez altere as conclusões do estudo. Como última limitação, na amostra não foram consideradas empresas mais voltadas para o setor de serviços, como empresas financeiras ou da área da saúde. Nas tecnologias digitais também não foram consideradas aquelas mais empregadas neste tipo de empresa, e que são mais úteis em áreas diversas da de Produção, como a Comercial (Compras e Vendas), Financeira, Administrativa e de RH.

4. DISCUSSÃO

4.1 Correlação Entre as Variáveis

A Tabela 3 a seguir mostra as correlações entre as var. de uso de tecnologias digitais. Nela foram marcadas em amarelo as correlações acima de 0,5, e os pares achados são tecnologias que foram empregadas em conjunto nas empresas da amostra, como o par IoT e SmartManagSystem, o qual provavelmente representa, por exemplo, o uso de gêmeos digitais com IoT para coletar os dados de um sistema de manufatura e com eles simular um sistema digital com características iguais.

Já a tabela 4, também a seguir, mostra a correlação entre as variáveis de controle e dependentes do estudo. Nessa tabela, foram marcadas em amarelo as correlações acima de 0,5, e os pares achados são: S3 (*Emprego*) com S2 (*Acidentes*); S3 (*Emprego*) com A3 (*Emissões de CO₂equiv*); e A1 (*Consumo de Água*) com A2 (*Consumo de Energia*). Os dois primeiros pares podem ser explicados da seguinte forma: na medida em que uma empresa da amostra aumenta de tamanho (mais emprego) mais lesões de trabalho acontecerão e mais emissões de CO₂equiv ela terá. Já o último, consumo de água e energia, pode ser explicado da

seguinte forma: os funcionários das empresas da amostra costumam consumir água e energia da empresa na mesma proporção, e quando há racionamento normalmente este é feito para os dois recursos simultaneamente.

Tabela 3 – Correlação entre as variáveis de Uso de Tecnologias Digitais. T1 é DigAutomSensor, T2 é Cloud, T3 é BigDataAnalytics, T4 é AugmVirtualReality, T5 é Mobile, T6 é IHM, T7 é IoT, T8 é AdditiveManuf, T9 é HorizVertIntegrat, T10 é MES/SCADA, T11 é Cobot, T12 é CyberSecurity, T13 é SmartSensor, T14 é Simulation, T15 é ManagSmartSystem, T16 é AGV e T17 é Drone

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17
T1	1,000	0,422	0,523	0,451	0,328	0,189	0,361	0,082	0,362	0,325	0,154	0,230	0,447	0,372	0,353	0,278	0,182
T2	0,422	1,000	0,614	0,288	0,468	0,438	0,414	0,122	0,661	0,174	0,176	0,358	0,377	0,324	0,518	0,180	0,277
T3	0,523	0,614	1,000	0,399	0,649	0,250	0,595	0,263	0,826	0,301	0,218	0,532	0,707	0,464	0,699	0,274	0,378
T4	0,451	0,288	0,399	1,000	0,236	0,077	0,490	0,256	0,441	0,271	0,103	0,338	0,354	0,589	0,470	0,285	0,382
T5	0,328	0,468	0,649	0,236	1,000	0,455	0,540	-0,051	0,572	0,351	0,193	0,364	0,639	0,297	0,567	0,358	0,311
T6	0,189	0,438	0,250	0,077	0,455	1,000	0,282	-0,078	0,218	0,247	0,052	-0,001	0,271	0,136	0,411	0,056	0,104
T7	0,361	0,414	0,595	0,490	0,540	0,282	1,000	0,003	0,619	0,415	0,108	0,300	0,638	0,376	0,717	0,375	0,305
T8	0,082	0,122	0,263	0,256	-0,051	-0,078	0,003	1,000	0,160	-0,080	0,187	0,059	-0,004	0,251	0,226	-0,070	0,092
T9	0,362	0,661	0,826	0,441	0,572	0,218	0,619	0,160	1,000	0,270	0,053	0,599	0,660	0,490	0,667	0,232	0,344
T10	0,325	0,174	0,301	0,271	0,351	0,247	0,415	-0,080	0,270	1,000	-0,105	0,128	0,369	0,303	0,308	0,346	0,073
T11	0,154	0,176	0,218	0,103	0,193	0,052	0,108	0,187	0,053	-0,105	1,000	0,132	0,198	0,200	0,243	0,108	0,068
T12	0,230	0,358	0,532	0,338	0,364	-0,001	0,300	0,059	0,599	0,128	0,132	1,000	0,451	0,243	0,421	0,091	0,062
T13	0,447	0,377	0,707	0,354	0,639	0,271	0,638	-0,004	0,660	0,369	0,198	0,451	1,000	0,521	0,696	0,335	0,408
T14	0,372	0,324	0,464	0,589	0,297	0,136	0,376	0,251	0,490	0,303	0,200	0,243	0,521	1,000	0,506	0,289	0,335
T15	0,353	0,518	0,699	0,470	0,567	0,411	0,717	0,226	0,667	0,308	0,243	0,421	0,696	0,506	1,000	0,269	0,255
T16	0,278	0,180	0,274	0,285	0,358	0,056	0,375	-0,070	0,232	0,346	0,108	0,091	0,335	0,289	0,269	1,000	0,288
T17	0,182	0,277	0,378	0,382	0,311	0,104	0,305	0,092	0,344	0,073	0,068	0,062	0,408	0,335	0,255	0,288	1,000

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Tabela 4 – Correlação entre variáveis de controle e de desempenho ambiental e social. C1 é Controlador, C2 é Intensidade Tecnológica, C3 é Nível da Cadeia, A1 é Consumo de Água, A2 é Consumo de Energia, A3 é Emissão de CO₂equiv, A4 é Descarte de Resíduos, S1 é Capacitação de Empregados, S2 é Acidentes de Trabalho, S3 é Geração e Manutenção de Emprego

	C1	C2	C3	A1	A2	A3	A4	S1	S2	S3
C1	1,00	0,42**	-0,24**	-0,12	-0,15	-0,17*	-0,21*	-0,15	-0,12	-0,23**
C2	0,42**	1,00	-0,31**	0,17*	0,11	0,20*	0,17*	0,07	0,14	0,12
C3	-0,24**	-0,31**	1,00	0,05	0,04	0,39**	-0,11	0,22**	-0,09	0,07
A1	-0,12	0,17*	0,05	1,00	0,93**	0,37**	0,11	0,36**	-0,03	0,31**
A2	-0,15	0,11	0,04	0,93**	1,00	0,34**	0,14	0,32**	0,01	0,31**
A3	-0,17*	0,20*	0,39**	0,37**	0,34**	1,00	0,22**	0,64**	0,01	0,56**
A4	-0,21*	0,17*	-0,11	0,11	0,14	0,22**	1,00	0,02	0,27**	0,18*
S1	-0,15	0,07	0,22**	0,36**	0,32**	0,64**	0,02	1,00	0,04	0,56**
S2	-0,12	0,14	-0,09	-0,03	0,01	0,01	0,27**	0,04	1,00	0,66**
S3	-0,23**	0,12	0,07	0,31**	0,31**	0,56**	0,18*	0,56**	0,66**	1,00

**Números com correlação significativa no nível 0,01 (2 extremidades)

*Números com correlação significativa no nível 0,05 (2 extremidades)

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

4.2 Fatorial do Uso de Tecnologias Digitais

A tabela 5 a seguir demonstra a média e o desvio padrão encontrado para as variáveis de uso de tecnologias digitais pelas empresas da amostra. Dessa forma, é possível identificar as cinco tecnologias digitais mais usadas pelas empresas da amostra, marcadas em verde, assim como as cinco menos usadas, marcadas em amarelo. Dessa forma, tais resultados

servem de base para que políticas públicas nacionais promovam o favorecimento do uso de determinadas tecnologias digitais em detrimento de outras.

Uma análise fatorial por componentes principais com rotação varimax foi usada para extrair fatores das var. de uso de tecnologias digitais. A tabela 6, também a seguir, mostra em amarelo 4 fatores extraídos com autovalor acima de 1, que juntos explicam 62,874% da variância.

Tabela 5 – Estatística Descritiva do Uso de Tecnologias Digitais pelas Empresas da Amostra

	Média	Erro Desvio
DigAutomSensors	1,32	1,40
Cloud_Fog_Edge	1,24	1,34
BigDataAnalytics	1,97	1,30
AugmVirtual_Reality	0,76	1,21
Mobile	1,73	1,34
IHM	0,72	1,22
IoT	1,55	1,43
Additive_Manufacturing	0,39	0,93
Horiz_Vertical_Integration	1,88	1,35
MES_SCADA	0,38	0,93
Cobot	0,18	0,70
CyberSecurity	1,17	1,39
Smart_Sensor	1,72	1,40
Simulation	0,85	1,25
SmartManagementSystem	1,78	1,37
AGV	0,47	1,05
Drone	0,60	1,15

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Tabela 6 - Variância total explicada pelos fatores das variáveis de tecnologia digital

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared			Rotation Sums of Squared		
	Total	% of	Cumulative	Total	% of	Cumulative	Total	% of	Cumulative
1	6,702	39,423	39,423	6,702	39,423	39,423	3,993	23,488	23,488
2	1,546	9,092	48,515	1,546	9,092	48,515	3,252	19,132	42,620
3	1,347	7,922	56,437	1,347	7,922	56,437	1,961	11,533	54,152
4	1,094	6,437	62,874	1,094	6,437	62,874	1,483	8,722	62,874
5	0,985	5,791	68,666						
6	0,933	5,490	74,156						
7	0,781	4,593	78,749						
8	0,665	3,911	82,660						
9	0,587	3,450	86,110						
10	0,547	3,220	89,330						
11	0,467	2,744	92,074						
12	0,430	2,531	94,605						
13	0,313	1,839	96,444						
14	0,188	1,105	97,549						
15	0,172	1,011	98,560						
16	0,148	0,871	99,431						
17	0,097	0,569	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Segundo Tabachnik e Fidell (2001), apenas os fatores de carga acima de 0,50 (25% de sobreposição na variância) devem ser interpretados, podendo, nestes casos, ser afirmado que a variável representaria uma boa medida do fator (para dois ou mais componentes com fator de

carga acima de 0,5 deve ser escolhido o maior fator de carga). Dessa forma, quatro fatores representam as diferentes dimensões das tecnologias da I4.0, interpretados como se segue:

- As variáveis *Cloud, Fog, Edge, BigDataAnalytics, HorizVerticalIntegration, CyberSecurity, SmartSensor, e SmartManagementSystem* compõem o fator 1 (Dimensão de Integração e Análise de Dados - *DIAD*);
- As variáveis *DigAutomSensors, AugmVirtualReality, IoT, MES/SCADA, Simulation, AGV e Drone* compõem o fator 2 (Dimensão de Automação e Monitoramento de Dados - *DAMD*);
- As variáveis *MobileApp e IHM* compõem o fator 3 (Dimensão de Interação Humano-Máquina e Aplicativos Móveis - *DIHMAM*);
- As variáveis *AdditiveManufacturing e Cobot* compõem o fator 4 (Dimensão de Manufatura Aditiva e Robótica Colaborativa - *DMARC*).

A tabela 7, a seguir, demonstra em amarelo os fatores de carga acima de 0,50.

Tabela 7 – Matriz de Componentes Rotacionados do Fatorial das variáveis de uso de tecnologias digitais

	Component			
	1	2	3	4
DigAutomSensors	0,302	0,508	0,164	0,092
Cloud_Fog_Edge	0,560	0,143	0,471	0,209
BigDataAnalytics	0,771	0,352	0,262	0,183
AugmVirtual_Reality	0,336	0,687	-0,178	0,229
Mobile	0,502	0,305	0,582	-0,095
IHM	0,092	0,061	0,837	-0,025
IoT	0,511	0,528	0,294	-0,113
Additive_Manufacturing	0,141	0,105	-0,211	0,728
Horiz_Vertical_Integration	0,858	0,288	0,147	0,051
MES_SCADA	0,162	0,552	0,177	-0,440
Cobot	0,011	0,085	0,314	0,637
CyberSecurity	0,844	-0,010	-0,146	-0,015
Smart_Sensor	0,606	0,482	0,302	-0,038
Simulation	0,310	0,658	-0,013	0,297
SmartManagementSystem	0,625	0,392	0,377	0,183
AGV	-0,006	0,693	0,142	-0,177
Drone	0,107	0,545	0,111	0,191

Extraction Method: Principal Component Analysis

a. Rotation converged in 6 iterations.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

4.3 Desdobramento das hipóteses 1 e 2

Conforme o resultado do fatorial das variáveis de uso de tecnologias digitais, a hipótese 1 pode ser desdobrada em outras quatro, a saber:

Hipótese 1.1: O uso de tecnologias digitais do grupo *DIAD* possuem um efeito positivo sobre o desempenho ambiental.

Hipótese 1.2: O uso de tecnologias digitais do grupo *DAMD* possuem um efeito positivo sobre o desempenho ambiental.

Hipótese 1.3: O uso de tecnologias digitais do grupo *DIHMAM* possuem um efeito positivo sobre o desempenho ambiental.

Hipótese 1.4: O uso de tecnologias digitais do grupo *DMARC* possuem um efeito positivo sobre o desempenho ambiental.

Já a hipótese 2 também pode ser desdobrada em outras quatro, a saber:

Hipótese 2.1: O uso de tecnologias digitais do grupo *DIAD* possuem um efeito positivo sobre o desempenho social.

Hipótese 2.2: O uso de tecnologias digitais do grupo *DAMD* possuem um efeito positivo sobre o desempenho social.

Hipótese 2.3: O uso de tecnologias digitais do grupo *DIHMAM* possuem um efeito positivo sobre o desempenho social.

Hipótese 2.4: O uso de tecnologias digitais do grupo *DMARC* possuem um efeito positivo sobre o desempenho social.

4.4 Efeito do Uso de Tecnologias Digitais sobre o Desempenho Ambiental

Foi realizada uma Análise Fatorial com extração de um fator para o desempenho ambiental (*Consumo de Água, Emissões de CO₂equiv, Consumo de Energia e Descarte de Resíduos*). Para o desempenho ambiental, o fator extraído possui autovalor de 2,204 e explica 55,090% da variação, conforme demonstra a tabela 8.

Tabela 8 – Variância Total Explicada com extração de um fator das variáveis de desempenho ambiental

Componente	Autovalores iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	2,204	55,090	55,090	2,204	55,090	55,090
2	,999	24,969	80,059			
3	,734	18,354	98,413			
4	,063	1,587	100,000			

Método de Extração: análise de Componente Principal.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Para os modelos 1 e 2, o resumo dos resultados, a análise de variância e as estatísticas dos coeficientes estão nas 9, 10 e 11 à seguir, respectivamente.

Tabela 9 - Resumo Dos Modelos 2 e 5 De Regressão Linear Múltipla^c

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	Estatísticas de mudança					Durbin-Watson
					Mudança de R quadrado	Mudança F	df1	df2	Sig. Mudança F	
1	,403 ^a	0,162	0,141	0,92657620	0,162	7,755	3	120	0,000	
2	,526 ^b	0,277	0,234	0,87545383	0,115	4,606	4	116	0,002	0,782

a. Preditores: (Constante), Tier, Controller, TechIntensity

b. Preditores: (Constante), Tier, Controller, TechIntensity, F1Tech, F2Tech, F3Tech, F4Tech

c. Variável Dependente: F1-Environmental

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Na tabela 9, tanto no modelo 1 quanto no modelo 2 o R² indica baixa adequação, o que sugere um baixo poder de explicação destas variáveis explicativas e das de controle. Já na tabela 10, a seguir, a análise de variância indica que os dois modelos se mostraram estatisticamente significantes. Inclusive, na tabela 11, a multicolinearidade deles não foi uma preocupação já que os fatores de inflação da variância (VIF) foram todos inferiores a 3. Ainda na tabela 11, as três contingências avaliadas possuem um efeito moderador positivo

sobre a relação investigada, já que todos os coeficientes do modelo 1 são estatisticamente significantes (menores que 0,05). Tais fatos confirmam as hipóteses 3.1, 4.1 e 5.1 do estudo.

Além disso, na tabela 9 houve uma pequena melhora no R² ao se incluir as variáveis explicativas, porém, conforme a tabela 11, apenas o segundo fator, o grupo de tecnologias DAMD, mostrou-se estatisticamente relevante, ou seja, apenas este grupo de tecnologias está associado com a melhoria do desempenho ambiental. Tais fatos confirmam a hipótese 1.2, porém rejeitam as hipóteses 1.1, 1.3 e 1.4 do estudo.

Tabela 10 - Análise de Variância dos Modelos 2 e 5 de Regressão Linear Múltipla^a

Modelo	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.	
1	Regressão	19,975	3	6,658	7,755	,000 ^b
	Resíduo	103,025	120	0,859		
	Total	123,000	123			
2	Regressão	34,095	7	4,871	6,355	,000 ^c
	Resíduo	88,905	116	0,766		
	Total	123,000	123			

a. Variável Dependente: F1-Environmental

b. Preditores: (Constante), Tier, Controller, TechIntensity

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Tabela 11 - Coeficientes Dos Modelos 2 e 5 de Regressão Linear Múltipla^a

Modelo	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados		95,0% Intervalo de Confiança para B			Correlações			Estatísticas de colinearidade	
	B	Erro	Beta	t	Sig.	Limite inferior	Limite superior	Ordem zero	Parcial	Parte	Tolerância	VIF
1 (Constante)	-0,408	0,159		-2,566	0,012	-0,722	-0,093					
TechIntensity	-0,697	0,212	-0,300	-3,292	0,001	-1,116	-0,278	-0,205	-0,288	-0,275	0,842	1,188
Controller	0,584	0,279	0,180	2,096	0,038	0,032	1,135	0,178	0,188	0,175	0,951	1,051
Tier	0,743	0,196	0,344	3,790	0,000	0,355	1,131	0,200	0,327	0,317	0,849	1,178
2 (Constante)	-0,422	0,152		-2,775	0,006	-0,723	-0,121					
TechIntensity	-0,800	0,207	-0,344	-3,859	0,000	-1,211	-0,390	-0,205	-0,337	-0,305	0,783	1,276
Controller	0,752	0,272	0,231	2,762	0,007	0,213	1,291	0,178	0,248	0,218	0,888	1,126
Tier	0,758	0,186	0,351	4,069	0,000	0,389	1,126	0,200	0,353	0,321	0,839	1,192
F1Tech	-0,104	0,080	-0,105	-1,303	0,195	-0,263	0,054	-0,084	-0,120	-0,103	0,956	1,047
F2Tech	0,309	0,079	0,316	3,911	0,000	0,153	0,466	0,248	0,341	0,309	0,952	1,051
F3Tech	0,044	0,085	0,043	0,521	0,603	-0,124	0,212	0,167	0,048	0,041	0,915	1,093
F4Tech	0,029	0,075	0,031	0,382	0,703	-0,121	0,178	0,020	0,035	0,030	0,965	1,037

a. Variável Dependente: F1Ambiental

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

4.5 Efeito do Uso de Tecnologias Digitais sobre o Desempenho Social

Foi realizada uma Análise Fatorial com extração de um fator para o desempenho social (*Capacitação de Empregados, Acidentes de Trabalho, Geração e Manutenção de Emprego*). Para o desempenho social, o fator extraído possui autovalor de 1,857 e explica 61,905% da variação, conforme a tabela 12 a seguir.

Tabela 12 – Variância Total Explicada do Fatorial com extração de um fator do desempenho social

Componente	Autovalores iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	1,857	61,905	61,905	1,857	61,905	61,905
2	,958	31,948	93,853			
3	,184	6,147	100,000			

Método de Extração: análise de Componente Principal.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Para os modelos 3 e 4, o resumo dos resultados, a análise de variância e as estatísticas dos coeficientes estão nas tabelas 13, 14 e 15 a seguir, respectivamente.

Tabela 13 - Resumo Dos Modelos 3 e 4 de Regressão Linear Múltipla^c

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	Mudança de R quadrado	Estatísticas de mudança			Sig. Mudança F	Durbin-Watson
						Mudança F	df1	df2		
3	,360 ^a	,130	,112	,94212110	,130	7,543	3	152	,000	
4	,407 ^b	,166	,126	,93469493	,036	1,606	4	148	,176	,415

a. Preditores: (Constante), Tier, Controller, TechIntensity

b. Preditores: (Constante), Tier, Controller, TechIntensity, F1Tech, F2Tech, F3Tech, F4Tech

c. Variável Dependente: F1Social

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Tabela 14 - Análise de Variância dos Modelos 3 e 4 de Regressão Linear Múltipla^a

Modelo	Soma dos Quadrados		df	Quadrado Médio	Z	Sig.
3	Regressão	20,086	3	6,695	7,543	,000 ^b
	Resíduo	134,914	152	,888		
	Total	155,000	155			
4	Regressão	25,699	7	3,671	4,202	,000 ^c
	Resíduo	129,301	148	,874		
	Total	155,000	155			

a. Variável Dependente: F1-Social

b. Preditores: (Constante), Tier, Controller, TechIntensity

c. Preditores: (Constante), Tier, Controller, TechIntensity, F1Tech, F2Tech, F3Tech, F4Tech

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Tabela 15 - Coeficientes Dos Modelos 3 e 4 de Regressão Linear Múltipla^a

Modelo	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados		95,0% Intervalo de Confiança para B			Correlações			Estatísticas de colinearidade	
	B	Erro	Beta	t	Sig.	Limite inferior	Limite superior	Ordem zero	Parcial	Parte	Tolerância	VIF
3 (Constante)	-,339	,151		-2,250	,026	-,637	-,041					
TechIntensity	-,745	,195	-,315	-3,828	,000	-1,130	-,361	-,220	-,297	-,290	,845	1,183
Controller	,434	,245	,145	1,773	,078	-,049	,917	,089	,142	,134	,851	1,175
Tier	,684	,184	,323	3,716	,000	,320	1,047	,146	,289	,281	,757	1,321
4 (Constante)	-,374	,151		-2,472	,015	-,672	-,075					
TechIntensity	-,784	,200	-,332	-3,922	,000	-1,180	-,389	-,220	-,307	-,294	,789	1,268
Controller	,425	,259	,143	1,640	,103	-,087	,937	,089	,134	,123	,746	1,340
Tier	,705	,184	,334	3,827	,000	,341	1,070	,146	,300	,287	,742	1,348
F1Tech	,099	,078	,097	1,278	,203	-,054	,253	,132	,104	,096	,970	1,031
F2Tech	-,044	,076	-,045	-,582	,561	-,194	,106	-,090	-,048	-,044	,959	1,043
F3Tech	-,158	,091	-,138	-1,736	,085	-,338	,022	-,051	-,141	-,130	,892	1,121
F4Tech	-,094	,080	-,093	-1,178	,241	-,252	,064	-,079	-,096	-,088	,898	1,113

a. Variável Dependente: F1-Social

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Tanto no modelo 3 quanto no modelo 4 o R^2 indica baixa adequação, o que indica um baixo poder de explicação destas variáveis explicativas e das de controle. Já pela análise de variância os dois modelos se mostraram estatisticamente significantes. Além disso, a multicolinearidade deles não foi uma preocupação, já que os fatores de inflação da variância (VIF) foram todos inferiores a 3. Apenas as contingências *Intensidade Tecnológica* e *Nível da Cadeia* possuem um efeito moderador positivo sobre a relação investigada, já que os coeficientes destas variáveis são estatisticamente significantes e o da variável *Controlador* não é. Tais fatos confirmam as hipóteses 1.1 e 1.2, porém rejeita a hipótese 1.3.

Houve uma pequena melhora no R^2 ao se incluir as variáveis explicativas. No entanto, nenhuma delas se mostrou estatisticamente relevante, ou seja, nenhuma das tecnologias digitais está associada com a melhora no desempenho social, o que rejeita a hipóteses 2.1 a 2.4 do estudo.

5. CONCLUSÃO

Ao responder as questões de pesquisa de *Q1* a *Q3*, o objetivo do artigo foi atingido, já que a lacuna de pesquisa da associação entre o uso de tecnologias da I4.0 e o desempenho ambiental e social foi preenchida, assim como do efeito da *Intensidade Tecnológica*, *Nível da Cadeia* e *Controlador* sobre tais relações. Para isso, cinco hipóteses foram formuladas, das quais as duas primeiras, relacionadas ao uso de tecnologias digitais, foram desdobradas em outras quatro, cada uma, e as três últimas, relacionadas a três contingências diferentes, foram desdobradas em outras duas, cada uma. Para testar as hipóteses, regressões lineares múltiplas foram realizadas, e os resultados confirmaram parcialmente as duas primeiras hipóteses (H1 e H2), de acordo com o grupo de tecnologia testado, e também parcialmente a última hipótese (H5), de acordo com o desempenho, ambiental ou social, moderado pela contingência *Controlador*. Já a terceira hipótese (H3) foi confirmada integralmente, ou seja, todas as contingências investigadas moderam a relação entre as tecnologias digitais e o desempenho ambiental.

Como contribuição teórica, os resultados revelaram quatro fatores extraídos das tecnologias digitais, e apenas o grupo *DIAM* está associado com a melhoria no desempenho ambiental, apesar de, nos dois casos, a influência ser pequena. Não houve nenhum grupo de tecnologias digitais associado à melhoria no desempenho social. Além disso, as três contingências investigadas apresentaram um efeito moderador positivo sobre as relações investigadas, cujos valores são: “Média-Alta e Alta Intensidade”, “Estatual” e “Ponto de Origem, Fornecedor e Fabricante”. No entanto, para a relação entre tecnologias digitais e o desempenho social, a contingência *Controlador* não demonstrou nenhuma influência. Em todos estes casos a influência das contingências sobre as relações mencionadas é pequena. Já como contribuição prática, os resultados ajudam profissionais da área a priorizar grupos de tecnologias digitais para implantação e capacitação interna, de acordo com as melhorias desejadas no desempenho.

Por último, como oportunidades de pesquisas futuras na área, as limitações do método empregado - descritas na seção 3.5 - servem de base para se investigar a associação entre o uso de tecnologias digitais e o desempenho da empresa em outros diversos outros contextos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHAIM, O. et al. **Insertion of sustainability performance indicators in an industry 4.0 virtual learning environment.** *Procedia Manufacturing*. Anais...Elsevier B.V., 2018. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.143>

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Investimentos em industria 4.0.** Brasília: CNI, 2018, 31p. Disponível em: <https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/8b/0f/8b0f5599-9794-4b66-ac83-e84a4d118af9/investimentos_em_industria_40_junho2018.pdf>

FREDERICO, G. F.; GARZA-REYES, J. A.; ANOSIKE, A.; KUMAR, V. Supply Chain 4.0: concepts, maturity and research agenda. **Supply Chain Management**, v. 25, n. 2, p. 262–282, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2018-0339>

HAISLIP, J. Z.; RICHARDSON, V. J. The effect of Customer Relationship Management systems on firm performance. **International Journal of Accounting Information Systems**, v. 27, n. September, p. 16–29, 2017.

JIE, Y.; LIMENG. Y.; MANRU, G.. The influence of intelligent manufacturing on financial performance and innovation performance: the case of China. **Enterprise Information Systems**, v. 14, n. 6, p. 812–832, 2020. DOI: 10.1080/17517575.2020.1746407

NARA, E. O. B. et al. Expected impact of industry 4.0 technologies on sustainable development: A study in the context of Brazil's plastic industry. **Sustainable Production and Consumption**, v. 25, p. 102–122, 1 jan. 2021.

TABACHNICK, B. G.; FIDELL, L. S.; ULLMAN, J. B. **Using multivariate statistics.** [s.l: s.n.].

TORTORELLA, G. L.; GIGLIO, R.; VAN DUN, D. H. Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 39, p. 860–886, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/IJOPM-01-2019-0005>>

XIE, Y. et al. Intelligent supply chain performance measurement in Industry 4.0. **Systems Research and Behavioral Science**, v. 37, n. 4, p. 711–718, 1 jul. 2020.

APÊNDICE – DADOS COLETADOS

Para obter as Tabelas 16 e 17, envie uma requisição para o email do autor correspondente.

(Aqui termina o artigo, acrescentei o apêndice com as tabelas 16 e 17 apenas para efeito de avaliação pelo XXIV ENGEMA. Após a avaliação, irei tirar este texto em vermelho para a versão final do artigo)

APÊNDICE – DADOS COLETADOS

Tabela 16 – Indicadores de uso de tecnologia digital de 2018 a 2021 e as respectivas empresas da amostra. T1 é DigAutomSensor, T2 é Cloud,Fog&Edge, T3 é BigDataAnalytics, T4 é AugmVirtualReality, T5 é Mobile, T6 é IHM, T7 é IoT, T8 é AdditiveManuf, T9 é HorizVerticalIntegration, T10 é MES/SCADA, T11 é Cobot, T12 é CyberSecurity, T13 é SmartSensor, T14 é Simulation, T15 é ManagSmartSystem, T16 é AGV e T17 é Drone

Empresa	Ano	Indicador de Uso de Tecnologia Digital																
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17
Aché	2018	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2019	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2020	2	1	1	0	2	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
	2021	3	2	2	0	3	4	0	0	2	1	0	0	0	0	2	2	0
Hypera	2018	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2019	2	2	2	2	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0
	2020	3	3	3	3	0	0	3	1	3	0	1	0	0	0	3	0	0
	2021	4	4	4	4	0	1	4	2	4	0	2	1	1	0	4	0	0
Whirlpool	2018	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
	2019	2	0	2	0	2	0	2	0	0	0	2	0	2	0	2	2	0
	2020	3	0	3	0	3	0	3	0	0	0	3	0	3	0	3	3	0
	2021	4	0	4	0	4	0	4	0	0	0	4	0	4	0	4	4	0
Multilaser	2018	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2019	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	2020	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
	2021	0	1	1	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
Braskem	2018	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1
	2019	2	0	2	2	0	0	1	1	2	0	0	2	2	1	2	0	2
	2020	3	0	3	3	0	0	2	2	3	0	0	3	3	2	3	0	3
	2021	4	0	4	4	0	0	3	3	4	0	0	4	4	3	4	0	4
Oxítano	2018	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2019	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2020	3	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2021	4	2	2	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Ourofino	2018	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	2019	2	2	2	0	1	0	1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0
	2020	3	3	3	0	2	0	2	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0
	2021	4	4	4	0	3	0	3	0	4	0	0	4	0	0	0	0	0
Natura cosméticos	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2019	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0
	2020	2	0	2	2	2	0	0	2	2	0	0	2	0	2	0	2	0
	2021	3	1	3	3	3	0	0	3	3	0	0	3	0	3	0	3	0
Weg	2018	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
	2019	1	0	0	2	1	0	2	0	1	1	0	2	1	1	2	0	0
	2020	2	0	1	3	2	0	3	0	2	2	0	3	2	2	3	0	0
	2021	3	1	2	4	3	1	4	0	3	3	0	4	3	3	4	0	0
Kepler Weber	2018	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	2019	2	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0
	2020	3	2	2	0	2	0	2	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0
	2021	4	3	3	0	3	0	3	0	3	0	0	0	4	0	0	0	0
Embraer	2018	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
	2019	2	0	2	2	2	0	2	0	2	2	0	2	2	2	2	2	0
	2020	3	0	3	3	3	0	3	0	3	3	0	3	3	3	3	3	0
	2021	4	1	4	4	4	0	4	1	4	4	0	4	4	4	4	4	0

Marcopolo	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	2019	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
	2020	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	3	2	1	0	0
	2021	3	1	1	1	3	3	1	0	1	0	0	0	4	3	2	0	0
Randon	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2019	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	2	0	0
	2020	1	1	2	2	1	0	1	2	2	0	0	2	2	1	3	0	0
	2021	2	2	3	3	2	0	2	3	3	0	0	3	3	2	4	1	0
Iochpe-Maxion	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2019	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
	2020	2	0	2	2	2	0	2	2	1	1	0	0	2	2	2	0	0
	2021	3	1	3	3	3	1	3	3	2	2	0	0	3	3	3	0	0
São Martinho	2018	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1
	2019	0	0	2	0	2	0	2	0	2	0	0	2	2	0	1	2	2
	2020	0	0	3	0	3	0	3	0	3	0	0	3	3	0	2	3	3
	2021	0	0	4	0	4	0	4	0	4	0	0	4	4	0	3	4	4
Raízen Energia	2018	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1
	2019	2	2	2	1	1	0	2	0	2	0	0	0	2	2	2	0	2
	2020	3	3	3	2	2	0	3	0	3	0	0	0	3	3	3	0	3
	2021	4	4	4	3	3	0	4	0	4	0	0	0	4	4	4	1	4
Tigre	2018	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
	2019	1	2	2	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	2	0	0
	2020	2	3	3	0	0	0	0	3	3	0	0	1	1	3	3	0	0
	2021	3	4	4	0	0	0	0	4	4	0	0	2	2	4	4	0	0
Gerdau	2018	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	2019	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
	2020	3	0	3	0	3	0	0	1	1	0	0	0	3	0	0	0	3
	2021	4	0	4	0	4	0	0	2	2	1	0	1	4	0	0	0	4
JBS	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2019	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	2020	0	0	1	0	2	0	1	0	3	0	0	0	1	0	1	0	0
	2021	1	1	2	0	3	0	2	0	4	0	0	0	2	0	2	0	0
BRF	2018	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
	2019	2	1	2	0	2	0	2	0	2	0	0	2	2	0	2	0	0
	2020	3	2	3	0	3	0	3	0	3	1	0	3	3	0	3	0	0
	2021	4	3	4	0	4	0	4	0	4	2	0	4	4	0	4	0	1
Ambev	2018	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
	2019	2	0	2	2	2	0	2	0	2	0	0	2	2	0	2	0	0
	2020	3	0	3	3	3	0	3	0	3	0	0	3	3	0	3	0	0
	2021	4	1	4	4	4	0	4	0	4	1	0	4	4	0	4	0	0
Guararapes	2018	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2019	1	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
	2020	2	1	3	0	3	0	0	0	1	0	0	2	2	0	2	0	0
	2021	3	2	4	0	4	0	0	0	2	0	0	3	3	0	3	0	0
Alpargatas Calçados	2018	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2019	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2020	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	2021	0	0	3	0	0	0	0	4	1	0	0	0	1	0	3	0	0
Suzano S/A	2018	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0
	2019	2	1	2	2	1	1	2	0	2	0	0	2	2	2	2	0	0
	2020	3	2	3	3	2	2	3	0	3	0	0	3	3	3	3	0	1
	2021	4	3	4	4	3	3	4	0	4	0	0	4	4	4	4	0	2
Klabin	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	2019	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	2
	2020	0	2	2	1	2	0	0	0	2	0	0	2	2	1	1	0	3
	2021	1	3	3	2	3	0	0	0	3	0	0	3	3	2	2	0	4

Casa da Moeda	2018	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	
	2019	2	2	2	0	2	2	0	0	2	0	2	2	2	2	2	0	0
	2020	3	3	3	0	3	3	0	0	3	0	3	3	3	3	3	0	0
	2021	4	4	4	0	4	4	0	0	4	0	4	4	4	4	4	4	0
Dexco	2018	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2019	0	2	2	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	2	0	0
	2020	1	3	3	0	3	3	3	3	3	0	0	0	1	0	3	0	0
	2021	2	4	4	0	4	4	4	4	4	0	0	0	2	0	4	0	0
Ipiranga	2018	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	2019	0	2	2	0	2	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0
	2020	0	3	3	0	3	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0
	2021	0	4	4	0	4	0	0	0	4	0	0	4	0	0	1	0	0
Vibra	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2019	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
	2020	0	2	2	2	2	1	2	0	2	0	0	1	0	0	2	0	2
	2021	0	3	3	3	3	2	3	0	3	0	0	2	0	0	3	0	3
Magazine Luiza	2018	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
	2019	0	2	2	0	2	2	0	0	2	0	0	2	2	0	2	0	0
	2020	0	3	3	0	3	3	0	0	3	0	0	3	3	0	3	0	0
	2021	0	4	4	0	4	4	0	0	4	0	0	4	4	0	4	0	0
Carrefour BR	2018	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2019	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	1	1	0	1	0	0
	2020	0	0	2	0	2	0	0	0	3	0	0	2	2	0	2	0	0
	2021	0	0	3	0	3	0	0	0	4	0	0	3	3	0	3	0	0
Lojas Renner	2018	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0
	2019	0	2	0	0	2	0	2	0	2	0	0	2	2	0	2	2	0
	2020	0	3	1	0	3	0	3	0	3	0	0	3	3	0	3	3	0
	2021	0	4	2	1	4	0	4	0	4	0	0	4	4	0	4	4	0
Comgás	2018	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0
	2019	0	0	2	0	2	2	2	0	2	2	0	0	2	0	2	0	0
	2020	0	1	3	0	3	3	3	0	3	3	0	0	3	1	3	0	0
	2021	0	2	4	0	4	4	4	0	4	4	0	0	4	2	4	0	0
Sabesp	2018	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0
	2019	2	2	2	0	2	2	2	0	1	2	0	2	2	0	2	0	0
	2020	3	3	3	0	3	3	3	0	2	3	0	3	3	0	3	0	0
	2021	4	4	4	1	4	4	4	0	3	4	0	4	4	1	4	0	0
Eletrobras	2018	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
	2019	0	0	2	0	0	0	2	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0
	2020	0	0	3	0	1	0	3	0	3	1	0	3	3	1	1	0	0
	2021	0	0	4	0	2	0	4	0	4	2	0	4	4	2	2	0	0
Adecoagro	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2019	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
	2020	2	1	1	0	2	2	2	0	2	0	0	0	2	0	2	0	1
	2021	3	2	2	0	3	3	3	0	3	0	0	0	3	0	3	0	2
Frisia	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2020	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
	2021	0	2	2	1	2	0	2	0	2	0	0	0	2	0	2	0	0
SLC Agrícola	2018	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
	2019	0	1	2	0	2	2	2	0	2	0	0	0	2	0	2	0	2
	2020	0	2	3	0	3	3	3	0	3	0	0	0	3	0	3	0	3
	2021	0	3	4	0	4	4	4	0	4	0	0	1	4	0	4	0	4
Vale	2018	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
	2019	2	2	2	2	2	2	2	0	2	0	0	0	2	2	2	2	2
	2020	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	0	0	3	3	3	3	3
	2021	4	4	4	4	4	4	4	0	4	0	0	0	4	4	4	4	4

Siderúrgica Nacional	2018	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
	2019	2	2	2	0	0	0	2	0	2	0	0	2	2	0	2	0	0
	2020	3	3	3	0	0	1	3	0	3	0	0	3	3	0	3	1	0
	2021	4	4	4	1	0	2	4	0	4	1	0	4	4	1	4	2	0
Petrobras	2018	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
	2019	1	2	2	1	2	1	2	0	2	0	0	2	2	1	2	0	0
	2020	2	3	3	2	3	2	3	0	3	0	0	3	3	2	3	0	0
	2021	3	4	4	3	4	3	4	0	4	0	0	4	4	3	4	0	1
MRV	2018	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
	2019	0	2	2	2	2	0	2	2	2	0	2	2	2	2	2	0	2
	2020	0	3	3	3	3	0	3	3	3	0	3	3	3	3	3	0	3
	2021	0	4	4	4	4	0	4	4	4	0	4	4	4	4	4	0	4
Votorantim Cimentos	2018	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0
	2019	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	0	2	1	1	2	1
	2020	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	0	0	3	2	2	3	2
	2021	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4	0	0	4	3	3	4	3
Transpetro	2018	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1
	2019	2	2	2	0	2	0	2	0	2	2	0	0	2	2	2	2	2
	2020	3	3	3	1	3	0	3	0	3	3	0	0	3	3	3	3	3
	2021	4	4	4	2	4	0	4	0	4	4	0	0	4	4	4	4	4
MRS Logística	2018	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
	2019	0	0	2	0	0	0	2	0	2	0	0	1	2	2	2	0	0
	2020	0	1	3	1	1	0	3	0	3	0	0	2	3	3	3	1	0
	2021	0	2	4	2	2	0	4	0	4	0	0	3	4	4	4	2	1
JSL	2018	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
	2019	0	0	2	0	2	0	2	0	2	0	0	0	2	2	2	0	0
	2020	0	0	3	0	3	0	3	0	3	0	0	0	3	3	3	0	0
	2021	0	0	4	0	4	0	4	0	4	0	0	0	4	4	4	0	0

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Tabela 17 – Indicadores sustentáveis de 2018 a 2021 e as respectivas empresas

Empresa	Ano	Desempenho Ambiental				Desempenho Social		
		Consumo de Água (Megalitro)	Emissão de Gases do Efeito Estufa (tCO2e)	Consumo de Energia (GJ)	Descarte de Resíduos Sólidos (Ton)	Capacitação de Funcionários (Horas)	Lesões de Trabalho (Qtde)	Geração e Manutenção de Emprego (Qtde)
Aché	2018	172		155887	2811	138606	12	4687
	2019	163		173361	3023	426614	15	4975
	2020	189		153945	3311	565000	27	5119
	2021	133	4975	214535	2923	396114	13	5114
Hypera	2018		41945	457250	668			
	2019		53689	456028	1006			
	2020	223	44803	523444	810	135981	126	8970
	2021	302	50203	254468	965	9509	53	9399
Whirlpool	2018	5473	753572	8060536	14712			29041
	2019	5018	684411	7851315	13794		506	
	2020	4249	663172	7144184	11138		518	
	2021	3931	610717	7467571	11841		480	26611
Multilaser	2018							
	2019							
	2020							
	2021							

Braskem	2018	75716	11016840	204392106	25578		29	6173
	2019	72389	10552493	188064527	25979		17	6050
	2020	69341	10786478	186882892	25178		17	6088
	2021	70746	10868165	188512343	26780		12	6278
Oxítano	2018	3225	578433	7871509	6870	44800	9	1871
	2019	3130	562133	8043089	10670	58000	10	1426
	2020	3361	567511	8231013	12288	54000	10	1575
	2021	3184	586663	8311231	15979	63000	20	1278
Ourofino	2018	132	5333	115787	1021	27152	11	1059
	2019	116	6318	116583	1318	36031	8	1066
	2020	101	6495	119223	1145	13619	12	1024
	2021	83	7949	124714	758	31806	7	1059
Natura Cosméticos	2018	138,6	333183	315799	647	2895479	17	4958
	2019	119,7	325840	330966	709	3592006	20	5085
	2020	118,1	347570	323431	793	7800000	10	5109
	2021	160,6	360974	374587	1295	7700000	16	9240
WEG	2018	1063	135428	1675116	58602	2806954	239	22102
	2019	1001	130704	1680253	63291	2891700	176	22950
	2020	879	119886	1666714	46821	2416698	175	23928
	2021	988	151275	1999206	63241	2705117	197	22993
Kepler Weber	2018	46	8027	51407	152	40963	31	1130
	2019	45	8027	54662	4260	54618	60	1146
	2020	26	8027	55787	4613	63361	26	1495
	2021	24	8027	71223	6578	85712	52	1680
Embraer	2018	923	63734	886993	25729	303539	716	18520
	2019	898	65636	880513	23685	384463	527	15901
	2020	802	76501	1146694	17198	222614	284	15901
	2021	874	87674	1183342	15868	546312	155	15658
Marcopolo	2018					305000		7262
	2019					250000		9615
	2020					277500		10000
	2021					263750		9700
Randon	2018	130,20	52740	1720951	45583	142510	302	9637
	2019	158,5	37493	1860334	30363	176450	230	10170
	2020	218,5	46345	2410364	25414	244780	174	12239
	2021	213,1	74383	1779067	23697	293227	415	15433
Iochpe- Maxion	2018	2851	404171	5335753	28045	432689	96	16463
	2019	2823	451184	5291406	34149	432689	82	16208
	2020	2597	373536	4912707	23921	432689	73	16718
	2021	2644	387792	5803146	29804	432689	67	16724
São Martinho	2018	17229	7643714	56617836	1645	379631	10	12312
	2019	15731	7103581	51291897	1580	353192	45	12176
	2020	16647	7699625	55485675	1532	409502	39	12881
	2021	15074	7300820	52048523	1758	210999	39	12733

Raízen Energia	2018	61123	1894040	155448082		727739	62	29119
	2019	50999	40763309	155395216	5957	1077856	82	28843
	2020	51200	47021907	159734540	4611	15020	72	28941
	2021	63850	51708495	113975349	8592	1293824	126	41131
Tigre	2018	150	13385	4653563		99057	68	4272
	2019	203	13450	8155965	873	56309	48	3749
	2020	220		8729287	756		22	3849
	2021							
Gerdau	2018	23972			1526017		514	17005
	2019	26832	13839065	151201599	1558544		338	17276
	2020	20911	13019165	145365489	942345		334	17122
	2021	19568	16433733	152011412	1164641		365	21695
JBS	2018	181	6652049	67804702	432673		4261	121260
	2019	172	6323566	70806354	579533		7813	128414
	2020	171	67301256	71399186	438657	559035	7237	141887
	2021	177	71107884	73633645	477108	432503	6457	143213
BRF	2018		3238338	27.763.513	106946	1432099	4324	85244
	2019	55256	3405046	31013564	129863	1.976.044	4403	86137
	2020	9468	3241666	30879245	152689	2371000	1847	93666
	2021	8641	3452582	32038851	117060	2697429	1287	92949
Ambev	2018	38632	2945102	11558131	7445	708063	145	29513
	2019	47790	3030805	10005208	3175	275380	96	29296
	2020	17287	2910141	9534639	1875	1276712	90	36653
	2021	15838	3173658	10913818	1498	27355	141	30835
Guararapes (Riachuelo)	2018					2900000		35708
	2019		57353	266901		3100000		38303
	2020	1058	42620	202415		4800000	367	35510
	2021	1354	67305	235983	4858	3900000	414	35325
Alpargatas Calçados	2018					5000		
	2019					22000		
	2020	204	80651	672238	10481	22000	55	16758
	2021	194	94360	731037	14208	32072	105	15410
Suzano S/A	2018		4120209	215802157	521498	845165	405	14609
	2019	2356	3724998	242697258	769960	735759	195	13643
	2020	1807	3783528	240264031	814205	542674	146	14699
	2021	1641	4308252	249561594	762022	522122	120	16433
Klabin	2018	18736	6125387	59193778	68035	718695	406	14791
	2019	17290	6979118	63735723	73197	786056	333	14608
	2020	16220	6615420	69135673	40833		302	14874
	2021	19391	7225140	70626289	49545	113000	279	17517
Casa da Moeda	2018	225	7490	44	523			2151
	2019	208	6662	45	391			1983
	2020		5953		533			1963
	2021				468			1934

Dexco	2018	4376	333035	10904985	19322	204484	47	10595
	2019	2291	351209	7111395	30440	300869	42	9897
	2020	2832	407508	9689362	39361	178612	39	12758
	2021	3577	538624	11024262	71880	191520	37	13583
Ipiranga	2018	119	362649	134300		133412	5	3286
	2019	121	593670	116814		98012	11	3289
	2020	114	623637	92909	2449	56700	13	3355
	2021	114	602785	107797	2795	93857	17	4011
Vibra	2018	365	96588306	5457029	67270	180000	31	47556
	2019	383	94786173	5248013		91000	24	4480
	2020	337	88230999	5188769	4979	50862	23	3370
	2021	331	94070639	5905348	3019	712400	19	3377
Magazine Luiza	2018		26303	284674		286894		27454
	2019		48326		445	53303		41518
	2020		100087	240000	1349	702775		38614
	2021	398	278490	3685330	4181	1066695		50795
Carrefour BR	2018	3420		3332585		236314	1068	
	2019	3626	289010	3663292	31300	271981	1101	88.745
	2020	3524	267752	3647002	34900	220246	850	95667
	2021		391586	5909641	77942		659	100.482
Lojas Renner	2018	537	39059	653100	70	2590744	70	22334
	2019	310	42601	659300	597	2488686	79	24162
	2020	115	35061	495000	247	2450943	48	24757
	2021	129	51418	661700	222	1696530	46	25705
Comgás	2018	8658	20326	53729			10	1005
	2019	12676	9006055	54548	429	40854	11	1225
	2020	8474	8442813	56324	253	16292	22	1195
	2021	8583	9676262	51965	150	6374	9	1171
Sabesp	2018	2806	2223172	8940000		433470	126	14449
	2019	2880	2326272	9123000		404405	126	13945
	2020	2933	2574565	9680000		499434	94	12806
	2021	2899		10219000		450540	114	12515
Eletrobras	2018	941	6063440	87091967	21964	763900	90	15658
	2019	638	5897384	85337298	15001	547510	68	14369
	2020	563	6046210	91318781	18657	596290	68	13803
	2021	18091	8288650	130919692	5670	724039	104	13433
Adecoagro	2018	7341	446839	25020422	1104	316600	111	5795
	2019	7696	487976	29782478	1027	408337	129	6321
	2020	6900	346491	26152063	486	380708	80	6621
	2021	7216	632513	26056962	659	392943	70	6593
Frisia	2018					1642	17	1042
	2019					1634	13	1147
	2020					1316	8	1119
	2021					2090	7	1171

SLC Agrícola	2018	52193	572900		2274	224704	25	3511
	2019	37096	577256	1462400	2500	272976	38	3630
	2020	21972	749874	1533900	3454	132093	27	3742
	2021	22339		1642400	2300	218036	23	4161
Vale	2018	1158000	599100000	195000000	304600	2706270	155	55230
	2019	811000	574500000	164000000	309300	2771950	299	55439
	2020	699000	490500000	143000000	281500	2970699	140	58249
	2021	608000	506000000	146000000	208300	3469221	121	55067
Siderurgica Nacional	2018	16084	15044355	128630905	137008	393066	208	23699
	2019	15028	11179904	103981653	180706	520494	230	24869
	2020	14925	11300549	100500217	197451	205120	182	23577
	2021	23301	13769805	112333349	189115	353492	194	25147
Petrobras	2018	266327	412000412	888559000	67270	7651256	396	145075
	2019	239080	59000400	837568000	85230	8002918	299	145640
	2020	220194	56000410	821161000	52480	6229539	201	132911
	2021	219842	62000436	932450000	50700	9036999	191	131104
MRV	2018	2003	275.098	1420000	298500	31900	340	22494
	2019	2092	292.028	1550000	253000	10000	278	18516
	2020	2863	223.576	1250000	278600	572	250	19058
	2021	2927	258534	1190000	214699	22167	912	22285
Votorantim Cimentos	2018	4727	24414293	104932975	46150	226708	50	11932
	2019	9907	21706588	95362025	39890	191248	55	11953
	2020	9573	22773738	101167919	105098	212094	45	11783
	2021	11746	32591809	126191306	34588	236854	55	12466
Transpetro	2018					297046	11	6464
	2019					252136	10	6475
	2020					146130	6	6053
	2021					157625	4	5539
MRS Logística	2018		656729	9798497	178	126609	19	6029
	2019	126	462493	7765187	888	214576	20	5803
	2020	125	485934	7358997	933	224420	16	5851
	2021	121	659696	7972172	925	279357	15	6148
JSL	2018	349	419651	4590250	50	93827	60	13178
	2019	384	432417	8179900	2746	100852	78	13429
	2020	393	406730	8046087	1136	42314	62	13433
	2021	565	516176	12421640	757	575977	55	25497