

Rumo a um varejo sustentável: O papel transformador das aplicações de TI

Mateus Costa de Oliveira¹

¹Departamento da Ciência da Computação
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte, MG – Brazil

costa.mateus@dcc.ufmg.br

Resumo. *Este trabalho explora o papel que as aplicações de Tecnologia da Informação (TI) poderiam ter no avanço da sustentabilidade no setor de varejo, abordando a questão de pesquisa: “Como as aplicações de TI são utilizadas no varejo e em que medida elas fomentam o alcance dos objetivos de sustentabilidade?”. Através de uma revisão detalhada da literatura, este estudo delinea as aplicações atuais e futuras de TI no varejo, dando ênfase às soluções orientadas para o cliente e para os negócios. Revela-se como tecnologias emergentes, como Inteligência Artificial (IA), Internet das Coisas (IoT) e Blockchain, têm o potencial de revolucionar o varejo, direcionando-o para um futuro sustentável. No entanto, é fundamental reconhecer que, junto com essas oportunidades, vêm desafios e incertezas que podem afetar a trajetória futura da TI no varejo. Os resultados destacam o papel dual das aplicações de TI em melhorar a eficiência operacional e promover a sustentabilidade. Este estudo convoca uma abordagem matizada para a adoção de TI no varejo, equilibrando ganhos econômicos com imperativos de sustentabilidade e considerando os possíveis obstáculos e limitações.*

Abstract. *This work explores the role that Information Technology (IT) applications could play in advancing sustainability in the retail sector, addressing the research question: “How are IT applications utilized in retail, and to what extent do they foster the attainment of sustainability goals?”. Through a detailed literature review, this study outlines the current and prospective IT applications in retail, emphasizing customer and business-oriented solutions. It unveils how emerging technologies such as Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT), and Blockchain harbor the potential to revolutionize retail, steering it towards a sustainable future. However, it’s essential to recognize that alongside these opportunities come challenges and uncertainties that might influence the future trajectory of IT in retail. The findings underscore the dual role of IT applications in enhancing operational efficiency and fostering sustainability. This study calls for a nuanced approach to IT adoption in retail, balancing economic gains with sustainability imperatives while considering potential obstacles and limitations.*

1. Introdução

1.1. Definição e motivação do problema

As empresas de varejo, que estão entre as de maior rotatividade em todo o mundo, desempenham um papel significativo na economia global. Gigantes como Walmart e Amazon

são testemunhos dessa força, com a primeira liderando em vendas globais, alcançando uma receita de 572,7 bilhões de dólares americanos em 2022, e a segunda estabelecendo-se como uma potência dominante, especialmente na Europa, onde ocupa o primeiro lugar em termos de presença no mercado [Fortune 2023] [Statista 2023b]. Este setor está em constante evolução, uma trajetória significativamente influenciada pela integração crescente de tecnologias da informação (TI), que têm o poder de transformar desde operações internas até a experiência do cliente. A digitalização progressiva do setor não apenas redefiniu o escopo do varejo, expandindo-o de pequenos estabelecimentos físicos para grandes redes de supermercados e plataformas de e-commerce, mas também introduziu uma série de desafios complexos que abrangem diversas áreas.

No entanto, a rápida digitalização também trouxe à tona desafios significativos, especialmente no que tange à sustentabilidade¹. O alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU é crucial nesse contexto, e esses objetivos são detalhados na seção 2.1.1. A sustentabilidade emergiu como um tema central na última década, impulsionada tanto por uma consciência ambiental crescente quanto por mandatos legais que exigem práticas empresariais mais verdes. Os consumidores, cada vez mais informados e conscientes, agora priorizam produtos e serviços sustentáveis, colocando pressão adicional sobre os varejistas para alinhar suas operações com os objetivos de sustentabilidade [Vadakkett et al. 2021].

Diante desse cenário, as aplicações de TI surgem não apenas como ferramentas para otimizar processos e reduzir custos, mas também como facilitadores chave para alcançar uma operação mais sustentável [Heinemann and Schwarzl 2010]. Por exemplo, soluções de TI podem ajudar a reduzir o desperdício através de uma gestão de inventário mais eficiente, facilitar o teletrabalho, reduzindo assim a pegada de carbono, e oferecer aos consumidores informações detalhadas sobre a origem e a produção sustentável dos produtos que estão comprando [ibid.].

Todavia, a implementação de TI não está isenta de desafios. O aumento do uso de hardware eleva o consumo de energia e demanda uma quantidade significativa de recursos naturais, incluindo terras raras², que são extraídas sob condições muitas vezes prejudiciais tanto para o meio ambiente quanto para os trabalhadores. Além dos desafios ambientais, a digitalização e automação no setor de varejo podem ter implicações sociais significativas. A introdução de tecnologias que substituem funções anteriormente realizadas por humanos pode levar ao desemprego ou à requalificação de muitos trabalhadores. Isso, por sua vez, pode resultar na perda de interações sociais significativas para esses profissionais e na necessidade de adaptar-se a novos papéis ou buscar novas oportunidades em um mercado em constante evolução [Park et al. 2020]. Assim, ao considerar a adoção de TI, é primordial equilibrar os benefícios operacionais e de sustentabilidade com as potenciais repercussões sociais.

¹A ONU definiu o conceito de desenvolvimento sustentável da seguinte maneira, em 1987: “Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.” [ONU 1987]

²“As terras raras são um conjunto de elementos químicos, normalmente encontrados na natureza misturados a minérios, de difícil extração – daí o nome -, mas com características peculiares, como magnetismo intenso e absorção e emissão de luz. Essas propriedades especiais fazem com que sejam usadas numa infinidade de aplicações tecnológicas, como lâmpadas de LED, lasers, superímãs presentes nos discos rígidos de computadores e motores de carros elétricos, e na separação de componentes do petróleo.” [Bernardes 2022]

Este trabalho, portanto, busca responder à seguinte pergunta de pesquisa central: “Como as aplicações de TI são utilizadas no varejo e em que medida elas fomentam o alcance dos objetivos de sustentabilidade?”. Ao explorar tanto as oportunidades quanto os desafios apresentados pela TI no contexto do varejo sustentável, este estudo visa oferecer insights valiosos e orientações práticas para varejistas que buscam navegar na complexa paisagem de sustentabilidade moderna.

1.2. Metodologia

A metodologia adotada para este estudo envolveu uma série de etapas cuidadosamente delineadas para garantir uma análise profunda e abrangente da interseção entre TI e sustentabilidade no setor de varejo.

Inicialmente, foi delineada a pergunta central da pesquisa: “Como as aplicações de TI são utilizadas no varejo e em que medida elas contribuem para atingir os objetivos de sustentabilidade?”. Esta pergunta norteou todas as etapas subsequentes da pesquisa, servindo como um guia para a seleção e análise da literatura relevante.

Para responder a esta pergunta, empreendeu-se uma revisão da literatura disponível, utilizando bases de dados acadêmicas confiáveis como Google Acadêmico, Scopus e Springer Link. A estratégia de busca empregou uma combinação de termos chave – “varejo”, “aplicações de TI no varejo”, “digitalização” e “sustentabilidade” – tanto isoladamente quanto em combinações variadas, visando abranger o máximo possível de literatura pertinente.

A fase inicial da revisão focou em adquirir uma compreensão sólida das áreas de comércio e sustentabilidade, recorrendo principalmente a livros especializados acessados através do Springer Link. Este conhecimento básico foi então expandido para incorporar uma análise detalhada das aplicações de TI no contexto do varejo, bem como a interseção entre digitalização e sustentabilidade.

Durante a seleção da literatura, priorizou-se trabalhos recentes, refletindo a rápida evolução das áreas de TI e digitalização. Além disso, buscou-se literatura que fizesse referência direta à sustentabilidade, resultando em um corpo de trabalho composto por 11 livros especializados, 15 artigos científicos e 61 websites.

Com uma base literária estabelecida, procedeu-se para uma fase de análise e síntese, onde foram descritos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, os desafios prevalentes no varejo e em TI, e as estratégias sendo empregadas para superar esses desafios. Este processo também envolveu a identificação e descrição de diferentes modelos de negócios sustentáveis, estabelecendo um fundamento para a investigação subsequente sobre como as aplicações de TI podem facilitar a sustentabilidade no varejo.

Para enriquecer a análise, realizou-se uma pesquisa online para identificar exemplos práticos de aplicações de TI e tecnologias emergentes, como Inteligência Artificial (IA), Internet das Coisas (IoT) e Blockchain, no varejo. A pesquisa se baseou em informações fornecidas diretamente pelos websites de varejistas que implementaram tais tecnologias. Este exercício não apenas proporcionou insights valiosos sobre as aplicações práticas atuais, mas também ajudou a identificar tendências emergentes, pavimentando o caminho para uma discussão sobre possíveis aplicações futuras dessas tecnologias no setor de varejo.

Esta metodologia, portanto, não apenas facilitou uma análise aprofundada da situação atual, mas também permitiu uma exploração informada das potenciais trajetórias futuras para a integração de TI e sustentabilidade no varejo.

2. Referencial teórico

2.1. Desafios e estratégias de sustentabilidade

O conceito de sustentabilidade apresenta múltiplas facetas e sua compreensão pode ser bastante ampla, abrangendo desde a proteção ambiental até a garantia de condições de vida justas. Nesse contexto, as empresas contemporâneas se veem diante do desafio de adotar estratégias que promovam a sustentabilidade, sendo este um requisito para o seu sucesso.

Existem diversos motivadores que impulsionam as empresas nessa direção. Primeiramente, há uma decisão própria por parte das organizações que reconhecem a importância da sustentabilidade e optam por incorporá-la em sua missão e valores. Além disso, as imposições do mercado, especialmente de clientes cada vez mais conscientes e exigentes, pressionam as empresas a adotarem práticas mais sustentáveis. Por fim, regulamentações e leis também desempenham um papel incisivo, estabelecendo padrões mínimos de sustentabilidade e penalizando aqueles que não os cumprem.

O referencial teórico levará em consideração os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU como framework para discussão. Em 2016, a ONU delineou 17 ODS com metas a serem alcançadas até 2030 [ONU 2023]. Estes objetivos abordam desde a erradicação da pobreza até a promoção de uma educação de qualidade e acesso a saneamento básico. O alcance desses objetivos é fundamental para a melhoria da condição atual da sociedade, e setores como o varejo e TI têm um papel decisivo nesse processo.

No setor de varejo, os desafios são vastos e variam desde a produção de eletrônicos e suas implicações socioambientais até a promoção de um consumo sustentável de alimentos. O varejo online, especialmente no segmento de moda, também enfrenta desafios relacionados à sustentabilidade na produção de materiais como o algodão.

Por outro lado, a área de TI, apesar de oferecer soluções para muitos problemas de sustentabilidade, também apresenta seus próprios desafios. Estes incluem a necessidade de expansão da infraestrutura, que pode resultar em impactos ecológicos significativos, e a produção de hardware, que tem implicações tanto ambientais quanto sociais. Estudos indicam que a TI e o setor eletrônico poderão ser responsáveis por uma parcela significativa das emissões totais de gases de efeito estufa nas próximas décadas. Além disso, a fabricação de dispositivos eletrônicos frequentemente envolve a extração de metais em condições de trabalho precárias e o consumo subsequente de energia por esses dispositivos pode representar uma carga adicional ao meio ambiente. O descarte inadequado de hardware é outra preocupação, com potenciais consequências para a contaminação do solo e das águas subterrâneas. Do ponto de vista social, a TI enfrenta desafios relacionados à aceitação do consumidor, à complexidade das cadeias de suprimentos e às implicações da digitalização no local de trabalho, incluindo a possibilidade de automação levar ao desemprego ou à requalificação de muitos trabalhadores.

Diversas estratégias podem ser adotadas para enfrentar esses desafios, desde a otimização de processos e recursos até o posicionamento de produtos sustentáveis. A

escolha da estratégia adequada depende do contexto específico de cada empresa e do setor em que atua.

Em resumo, a busca pela sustentabilidade é uma jornada complexa que exige a adoção de estratégias inovadoras e eficazes. As empresas, independentemente do setor, devem estar preparadas para enfrentar os desafios que surgem e adaptar-se continuamente para garantir um futuro mais sustentável para todos.

2.1.1. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU são uma tentativa ambiciosa de abordar os desafios multifacetados que a humanidade enfrenta. No entanto, a busca por esses objetivos não é isenta de complexidades e interdependências [Schmachtenberger 2023].

O primeiro objetivo, erradicar a pobreza, não é apenas uma questão de falta de recursos. A ONU caracteriza a pobreza como sendo acompanhada de fome, desnutrição, acesso restrito à educação e outros serviços básicos, além de discriminação e exclusão social [ONU 2023]. A solução para a pobreza, portanto, não é apenas fornecer recursos, mas também abordar essas questões subjacentes, sugerindo a implementação de sistemas de proteção social e fornecimento de apoio econômico em situações de desastres.

O segundo objetivo, eliminar a fome, exige uma transformação profunda não apenas na produção de alimentos, mas também na forma como os alimentos são distribuídos, consumidos e valorizados na sociedade [ibid.].

A educação, o quarto objetivo, é uma ferramenta poderosa para alcançar muitos dos outros objetivos. A ONU enfatiza a importância de uma educação de qualidade como meio de alcançar metas mais amplas, incluindo o crescimento econômico sustentável, inovação e a redução das desigualdades entre países [ibid.]. Entretanto, a educação em si é influenciada por uma miríade de fatores, desde a infraestrutura física até as normas culturais e sociais que determinam quem tem acesso à educação e que tipo de educação é valorizada. Nesse contexto, é imperativo abordar as desigualdades de gênero presentes em alguns países, promovendo leis que protejam as mulheres e garantam igualdade de acesso à vida pública [ibid.].

A questão do saneamento básico e água potável, e a necessidade de energia limpa, destaca a interconexão entre infraestrutura, recursos naturais e saúde humana [ibid.]. A busca por soluções em uma área pode ter implicações em outra, exigindo uma abordagem holística [Schmachtenberger 2023].

É fundamental também abordar as condições precárias de trabalho ainda prevalentes em muitas empresas, visando criar ambientes onde os indivíduos possam encontrar empregos de alta qualidade. Para incentivar um consumo sustentável, é necessário educar a população e fornecer informações adequadas sobre os produtos disponíveis no mercado [ONU 2023].

Contudo, é importante reconhecer que a própria busca por alguns desses objetivos pode apresentar desafios significativos no que diz respeito à sustentabilidade. Por exemplo, a expansão da infraestrutura, apesar de consumir uma grande quantidade de recursos

e energia, é vital para melhorar a qualidade de vida e facilitar o acesso à educação e aos cuidados médicos [ibid.].

Enquanto os ODS fornecem uma estrutura valiosa e estão intrinsecamente ligados à busca por uma melhoria na condição atual da sociedade, é capital reconhecer que a busca por esses objetivos ocorre dentro de sistemas econômicos e sociais existentes [Schmachtenberger 2023]. A influência de setores como varejo e TI, com suas próprias complexidades e desafios, é evidente [ibid.]. Esses setores enfrentam uma série de desafios sustentáveis, tanto no ambiente físico quanto no online, representando grandes obstáculos para as empresas de varejo na atualidade e no futuro.

Em vista disso, enquanto os ODS da ONU fornecem uma direção clara, o caminho para alcançá-los é intrincado e interdependente. Abordar esses objetivos requer uma compreensão profunda das complexidades e uma vontade de abordar os sistemas subjacentes que moldam nosso mundo [ibid.].

2.1.2. Desafios no varejo

Inicialmente, é importante destacar que o varejo se divide em diversos segmentos, sendo relevante abordar alguns deles como exemplo.

No segmento de lojas de eletrônicos de consumo, três questões-chave de sustentabilidade se destacam: as condições de produção na cadeia de valor, a eficiência energética e a reciclagem [Vadakkepatt et al. 2021]. Grande parte da produção de eletrônicos ocorre na Ásia, sendo que no Vietnã, por exemplo, 99 das 100 maiores empresas do setor são subsidiárias de multinacionais estrangeiras, criando uma forte dependência econômica e de exportação em empresas como a Samsung [Goto and Arai 2017] [Teipen et al. 2022]. No entanto, essas empresas têm uma participação limitada no cenário global e não promovem um processo de aprendizado significativo no país, adquirindo apenas materiais de embalagem de fornecedores locais devido à falta de mão de obra qualificada [ibid.].

A mão de obra, predominantemente jovem e feminina, enfrenta jornadas extenuantes e condições precárias de segurança, impactando negativamente sua saúde [ibid.]. Essa realidade, frequentemente exposta na mídia, repercute nas vendas no varejo [Vadakkepatt et al. 2021]. Empresas como a Best Buy têm buscado mitigar esses problemas através da contratação de equipes de Responsabilidade Social Empresarial (RSE³) e da implementação de programas de auditoria para maior transparência [Forbes 2011].

A eficiência energética é outro ponto crítico, dado o alto consumo de energia nas lojas de eletrônicos, onde a maioria dos aparelhos fica constantemente ligada. Uma estratégia eficaz seria oferecer produtos mais eficientes energeticamente, atraindo consumidores preocupados com a sustentabilidade [Grimm et al. 2011].

No que tange à reciclagem, sugere-se que os varejistas têm a responsabilidade de aceitar produtos antigos de volta, uma prática que pode ser convertida em vantagem ao oferecer descontos na compra de novos produtos [ibid.]. Esta sugestão baseia-se na ideia

³O conceito de RSE engloba o compromisso das corporações em mitigar os efeitos de suas operações na comunidade em geral. Isso abrange dimensões sociais, ecológicas e financeiras, conforme definido em padrões globais aceitos para a responsabilidade empresarial. [Wikipedia 2023]

de que os varejistas, estando na linha de frente do contato com o consumidor, têm uma oportunidade única de influenciar comportamentos sustentáveis.

No setor de alimentos, considera-se que os varejistas desempenham um papel crítico em fomentar um comportamento de consumo sustentável, enfrentando, para isso, uma série de desafios significativos. Dentre a ampla gama de produtos disponíveis, muitos não são sustentáveis, incluindo itens como carne, peixe e aqueles que contêm óleo de palma [Alumniportal 2017]. Estudos indicam que, desde a década de 1970, a expansão das plantações de dendezeiros, especialmente no sudeste da Ásia, tem levado ao desmatamento de florestas tropicais biodiversas, contribuindo para a extinção de espécies e mudanças climáticas ao longo das décadas [ibid.].

Diante dessa realidade, recomenda-se que seria benéfico para os varejistas adotarem e promoverem fontes sustentáveis de óleo de palma, garantindo transparência quanto à origem dos produtos que comercializam [Yudelson 2010]. Esta sugestão baseia-se na ideia de que os varejistas, ao garantir a proveniência sustentável dos produtos, podem influenciar positivamente a cadeia de suprimentos e atender à crescente demanda dos consumidores por práticas mais sustentáveis. Nesse contexto, a criação de marcas próprias emerge como uma estratégia eficaz, não apenas para assegurar a sustentabilidade da cadeia de suprimentos, mas também para fortalecer a fidelidade do cliente. Um exemplo notável é o Grupo REWE, que mantém 15 linhas de marcas próprias, focadas no pagamento justo, na proteção ambiental e no tratamento ético dos animais [REWE 2023].

Além de garantir a qualidade dos produtos, as marcas próprias permitem que os varejistas ofereçam aos consumidores informações detalhadas sobre a procedência dos itens disponíveis, funcionando, ainda, como um “cartão de visita” que reflete o compromisso da empresa com a sustentabilidade [Grimm et al. 2011].

O comércio justo e a sustentabilidade ambiental são desafios prementes no setor de varejo, especialmente quando consideramos as implicações das rotas de transporte longas e da refrigeração de produtos. Os meios de transporte utilizados para importar produtos têm um papel significativo na determinação da pegada ecológica de uma empresa; enquanto o transporte marítimo e ferroviário são mais amigáveis ao clima, as rotas aéreas e rodoviárias resultam em maiores emissões de CO₂ [ibid.]. Uma estratégia potencial para mitigar isso poderia ser aumentar a proporção de produtos regionais oferecidos.

Todavia, a redução das importações de outros países pode ter repercussões graves nas economias dessas nações [ibid.]. Por exemplo, a economia africana, que dependia fortemente das exportações para a Europa, experimentou uma diminuição significativa no volume de exportações ao longo dos anos, caindo de 162 bilhões de euros em 2012 para 101 bilhões de euros em 2020 [Eurostat 2023] [Kareem 2019]. Além disso, alimentos europeus têm substituído cada vez mais os produtos africanos no mercado africano [ibid.].

Adicionalmente, o setor alimentício enfrenta desafios relacionados à refrigeração nas lojas, uma vez que esta consome cerca de 25% da energia total de uma filial, apresentando não apenas um alto consumo de energia, mas também o uso de fluidos refrigerantes prejudiciais ao meio ambiente [Grimm et al. 2011] [Yudelson 2010]. Portanto, é imperativo abordar essas questões de forma holística para promover práticas de varejo mais sustentáveis e justas.

No cenário global, o e-commerce no setor de moda tem mostrado uma presença

inegável, com previsões indicando que o mercado de moda online alcançará um valor superior a 820 bilhões de dólares americanos em 2023, evidenciando sua importância crescente na indústria [Statista 2023a]. Este segmento enfrenta desafios cruciais de sustentabilidade, particularmente na produção de algodão, que é marcada pelo uso intensivo de água através da irrigação artificial e pela aplicação de uma quantidade significativa de pesticidas prejudiciais ao meio ambiente [Aparecida Alessio et al. 2014].

Além disso, o processamento posterior do algodão em vestuário envolve o uso de produtos químicos potencialmente nocivos, incluindo corantes azo e metais pesados [ICAC 2020]. Diante desses desafios, muitos varejistas têm voltado sua atenção para o algodão orgânico, uma alternativa que proíbe o uso de sementes geneticamente modificadas, fertilizantes químicos, pesticidas sintéticos e reguladores de crescimento de plantas químicas, resultando em solos menos degradados e que podem ser utilizados por um período mais prolongado [ibid.].

Marcas como a Patagonia têm liderado o caminho em práticas sustentáveis, desde a adoção de algodão orgânico até a promoção de reparos gratuitos para prolongar a vida útil dos produtos, reduzindo assim o consumo [Patagonia 2016]. A Patagonia também demonstrou que a sustentabilidade pode ser uma parte central da missão de uma empresa, ao mesmo tempo em que se mantém lucrativa [ibid.].

No contexto brasileiro, a Oriba é um exemplo de marca que está inovando ao introduzir linhas de produtos feitas de plástico reciclado, como sua coleção rePET, que utiliza garrafas plásticas pós-consumo [Padilla 2023]. Essa iniciativa não apenas dá um novo uso a materiais que, de outra forma, seriam descartados, mas também sensibiliza os consumidores sobre os impactos ambientais de suas escolhas de moda.

Adotar práticas mais sustentáveis na produção e no processamento de algodão, bem como em outras áreas da indústria da moda, não é apenas benéfico para o meio ambiente, mas também representa uma estratégia viável para os varejistas atenderem à crescente demanda dos consumidores por produtos sustentáveis.

Isto posto, o varejo, em seus diversos segmentos, enfrenta uma série de desafios relacionados à sustentabilidade. No setor de eletrônicos, questões como a produção na Ásia, eficiência energética e reciclagem são prementes. A produção de eletrônicos, muitas vezes centralizada em países como o Vietnã, apresenta problemas de dependência econômica e condições de trabalho precárias. No setor alimentício, a sustentabilidade dos produtos, como aqueles que contêm óleo de palma, e as implicações das rotas de transporte são cruciais. A pegada ecológica das rotas de transporte, especialmente aéreas e rodoviárias, e o impacto da refrigeração nas lojas são desafios adicionais. No mundo da moda online, a produção de algodão destaca-se como um ponto de preocupação, devido ao uso intensivo de água e pesticidas. Diante desses desafios, é imperativo que os varejistas adotem práticas mais sustentáveis, buscando inovações que garantam um futuro mais verde e justo para todos.

2.1.3. Desafios em TI

A Tecnologia da Informação (TI) apresenta-se como uma ferramenta valiosa para abordar questões de sustentabilidade, como a educação sobre consumo consciente. Contudo, a própria TI traz consigo desafios que necessitam de atenção. Em abril de 2022, o Brasil ocupou a 28ª posição no ranking de velocidade média de download de banda larga fixa e a 50ª em velocidade de download móvel [Speedtest 2023]. Para uma nação industrializada como a nossa, esses números são preocupantes, indicando a necessidade de investimentos robustos em infraestrutura. No entanto, a ampliação dessa infraestrutura pode acarretar impactos ecológicos [Dastbaz et al. 2015].

A produção de hardware é outro ponto de atenção. Estudos indicam que a TI e o setor eletrônico, juntos, serão responsáveis por 14% das emissões totais de gases de efeito estufa até 2040, equivalente à metade das emissões do setor de transportes atual [Bryson 2019]. A fabricação desses equipamentos demanda metais cuja extração, muitas vezes, está atrelada a condições de trabalho precárias [ibid.]. Uma vez produzidos, os dispositivos consomem energia, e, dependendo de sua fonte, podem representar mais uma carga ao meio ambiente [Park et al. 2020]. O descarte inadequado de hardware, especialmente em mercados emergentes, pode resultar na contaminação do solo e das águas subterrâneas [Elytus 2021].

Além dos desafios técnicos e ambientais, a TI enfrenta pressões sociais. Os consumidores, por exemplo, demandam práticas mais sustentáveis, mas muitos relutam em pagar mais por isso. A complexidade crescente das cadeias de suprimentos torna desafiador comprovar a sustentabilidade de ponta a ponta [Park et al. 2020]. Já os colaboradores almejam salários dignos, oportunidades de crescimento e condições de trabalho que não prejudiquem sua saúde [ibid.]. A digitalização dos ambientes de trabalho, por sua vez, traz implicações sociais. Com a automação, muitos profissionais podem ser substituídos, perdendo uma parcela significativa de suas interações sociais [ibid.].

Deste modo, a TI, com seu potencial transformador, não é uma panaceia. Ela opera dentro de um sistema global interconectado, com desafios que vão desde limitações técnicas até preocupações ambientais e sociais. A produção e o descarte de hardware, por exemplo, têm implicações diretas para a sustentabilidade ambiental. Além disso, as demandas dos consumidores e as mudanças no ambiente de trabalho refletem as complexidades sociais e econômicas mais amplas. Neste contexto, é vital reconhecer que a TI, como qualquer outro setor, é parte de um sistema maior e que suas soluções e desafios devem ser vistos através de uma lente sistêmica e interconectada [Schmachtenberger 2023].

2.1.4. Tipos de estratégia

Existem quatro principais estratégias para promover o desenvolvimento sustentável. A primeira, denominada “Otimização de processos e recursos”, busca maximizar a economia de custos através da otimização de processos, que simultaneamente resultam em melhorias sustentáveis [Grimm et al. 2011]. Esta estratégia pode ser aplicada em áreas como uso de energia, gestão da água e eliminação de resíduos [ibid.].

A segunda estratégia, “Garantia do processo”, foca em projetar processos de maneira ecológica e social [ibid.]. Aqui, é fulcral atender a todos os padrões estabelecidos e estar atualizado sobre os avanços nos padrões de sustentabilidade, com os custos tendo

um papel secundário [ibid.].

A estratégia “Posicionamento de produto sustentável”, que é o terceiro tipo, foi discutida anteriormente no contexto dos desafios do comércio de alimentos [ibid.]. Esta abordagem foca na integração de produtos sustentáveis ao portfólio da empresa [ibid.]. A ideia é engajar os clientes diretamente com tais estratégias, usando os produtos sustentáveis como um “cartão de visita”, isto é, um diferencial [ibid.]. Para isso, é essencial uma estratégia de marketing robusta e um fornecimento eficaz de informações [ibid.].

Em mercados com preços altamente competitivos, onde a sustentabilidade é uma preocupação crescente, a estratégia de “Otimização de custos inovadora” se destaca como uma vantagem [ibid.]. O desenvolvimento de produtos está evoluindo rapidamente, com a sustentabilidade ganhando prioridade ao longo do ciclo de vida do produto [ibid.].

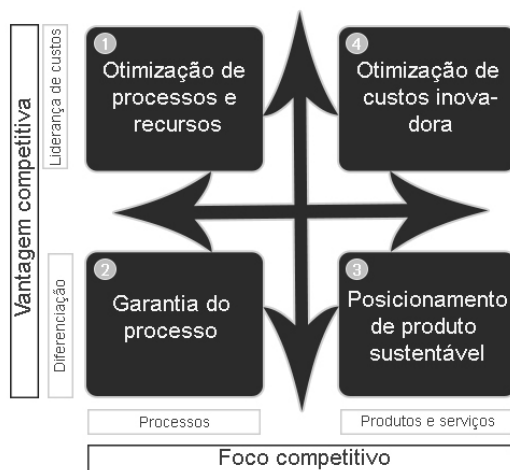


Figura 1. Classificação dos tipos de estratégia (versão adaptada pelo autor deste trabalho) [Grimm et al. 2011]

A figura classifica as estratégias com base em vantagem e foco competitivo. As estratégias “Otimização de processos e recursos” e “Otimização de custos inovadora” buscam vantagem através da liderança de custos. Quando o objetivo é a diferenciação dos produtos, as estratégias “Garantia do processo” e “Posicionamento de produto sustentável” são as mais indicadas. Se o foco é melhorar a sustentabilidade de produtos e serviços, pode-se optar pelas estratégias de tipo 3 ou 4. Se o objetivo é focar nos processos internos da empresa, as estratégias de tipo 1 e 2 são as mais adequadas. Combinando esses critérios, é possível definir a estratégia mais apropriada para cada situação. Por exemplo, se a meta é liderança de custos focada em processos, a “Otimização de processos e recursos” é a escolha ideal. Já a “Otimização de custos inovadora” também busca redução de custos, mas com ênfase em produtos e serviços. Para alcançar diferenciação através de produtos e serviços, a estratégia “Posicionamento de produto sustentável” é a mais indicada, enquanto a estratégia do tipo 2 é voltada para diferenciação baseada em processos internos da empresa.

Para exemplificar, no varejo de eletrônicos, o desafio de reciclar dispositivos antigos pode ser abordado com a estratégia de “Otimização de processos e recursos”. No varejo de moda, o uso de materiais alternativos, como algodão orgânico ou cânhamo,

se alinha à estratégia de “Otimização de custos inovadora”. Já a introdução de marcas próprias sustentáveis pode se beneficiar do “Posicionamento sustentável do produto”, enquanto a melhoria da sustentabilidade na cadeia de suprimentos se alinha à “Garantia do processo”. É basilar considerar os desafios da TI e do comércio em conjunto, especialmente com a crescente relevância do varejo online.

2.2. Modelos de negócios

Diversos cenários de aplicações baseadas em TI estão presentes no varejo, e seus impactos podem variar consideravelmente, dependendo da operação comercial em questão. Assim, é imprescindível elucidar previamente os distintos tipos de comércio. Este artigo foca em cenários de aplicações de TI no contexto do varejo *Business to Consumer* (B2C).

2.2.1. Tipos de comércio

Inicialmente, faz-se uma diferenciação entre comércio offline e online, além de seus respectivos subtipos.

O varejo físico ou estacionário, uma forma predominante de comércio offline B2C, consiste em estabelecimentos comerciais fixos, onde os consumidores adquirem produtos pessoalmente.

Em contrapartida, o varejo online utiliza a internet como canal de vendas. O formato mais autêntico é o varejo online puro, onde produtos e serviços são comercializados exclusivamente pela internet. Observa-se um crescimento acima da média em grandes varejistas exclusivamente online, como Amazon e Zalando, especialmente quando comparados a varejistas online menores [Heinemann and Schwarzl 2010, Heinemann 2023].

Existe também o varejo multicanal, oferecendo múltiplas opções de compra. Os clientes podem encomendar online e optar por receber em casa ou retirar em uma loja física, método conhecido como *Click & Collect*. A disponibilidade do produto pode ser verificada online, permitindo ao cliente escolher a forma mais conveniente de aquisição [ibid.]. Exemplos incluem Walmart, Zara, Thalia, Douglas e MediaMarkt [ibid.].

O varejo online híbrido constitui uma modalidade distinta de comércio, caracterizando-se por ser uma empresa de pedidos por correio que expandiu suas operações para incluir o comércio eletrônico, além das tradicionais tele vendas e vendas por catálogo [ibid.]. Atualmente, observa-se que a maioria dos comerciantes dessa categoria tem transferido uma parcela significativa de suas atividades de catálogos impressos para a esfera do varejo online [ibid.]. Para ilustração, percebe-se empresas como OTTO, Bonprix e Hawesko [ibid.].

No modelo de comércio online cooperativo, revendedores formam parcerias online sob uma marca unificada. Frequentemente, uma plataforma online é disponibilizada para os varejistas da rede, que apresentam seus inventários de forma unificada. Um exemplo é o Intersport.com, onde membros da associação podem ofertar seus produtos online [ibid.]. Adicionalmente, varejistas locais podem utilizar plataformas de grandes varejistas online, como eBay, Amazon ou Alibaba, para estabelecer uma presença online de forma acessível e simples, aproveitando a reputação estabelecida por esses grandes portais que em troca recebem uma porcentagem do volume de transações [ibid.].

Em contrapartida, o varejo online verticalizado permite que fabricantes vendam seus produtos diretamente ao consumidor, controlando toda a cadeia de suprimentos. Isso resulta em tempos de produção reduzidos e flexibilidade, eliminando etapas intermediárias, como distribuição e armazenamento, que poderiam incorrer em custos e atrasos adicionais [ibid.]. Adidas e Nike são exemplos dessa modalidade [ibid.].

Com o aumento no número de usuários de internet móvel, estimado em 4,97 bilhões em 2022 [Ceci 2023], o comércio móvel tornou-se um segmento preponderante do comércio online. Essencialmente, destaca-se pelo uso de dispositivos móveis, como smartphones ou tablets, exigindo a otimização de sites e conteúdos para tais plataformas. O objetivo é proporcionar uma experiência de compra rápida, simples e eficiente. Um aspecto vital é a transição fluida entre dispositivos. As vantagens do comércio móvel incluem a acessibilidade, a necessidade apenas de uma rede móvel e a rapidez em pesquisa e opções de pagamento para o cliente [Heinemann and Schwarzl 2010, Heinemann 2023].

Uma subcategoria do comércio móvel é o comércio via aplicativos, onde as transações ocorrem através de apps em dispositivos móveis [ibid.]. Isso favorece a fidelização de clientes, oferecendo mais opções em termos de dados do usuário, personalização, segmentação e conveniência [ibid.]. Ademais, *push notifications* podem ser utilizadas para atualizar os clientes sobre promoções ou novos produtos [ibid.].

À vista disso, a diversidade e complexidade dos modelos de comércio foram abordadas, evidenciando a evolução do tradicional varejo físico para as multifacetadas estratégias online. O varejo online puro, multicanal, híbrido, cooperativo e verticalizado são manifestações dessa evolução, cada qual apresentando suas peculiaridades e metodologias de engajamento do consumidor. A emergência do comércio móvel e do comércio via aplicativos sublinha a importância da adaptabilidade e da inovação contínua em um mercado consumidor cada vez mais conectado e tecnologicamente avançado. Estas modalidades refletem não apenas a busca por conveniência e eficiência por parte dos consumidores, mas também indicam uma tendência de mercado em direção à personalização e imediatismo. Conclui-se que o dinamismo do setor de varejo exige uma compreensão aprofundada e atualizada desses tipos de comércio, sendo imperioso para o desenvolvimento de estratégias comerciais resilientes e competitivas no cenário digital global.

2.2.2. Sustentabilidade como modelo de negócio

O modelo de negócios de uma empresa define como e quais benefícios são gerados para o cliente, além de estabelecer as relações de troca entre a empresa, seus clientes e parceiros, visando o aumento do valor econômico. Um modelo de negócios sustentável, contudo, vai além dessa lógica central, incorporando inovações e estratégias em múltiplas camadas - econômica, ecológica e social - para gerar valor adicional abrangente [López-Nicolás et al. 2021].

Uma empresa sustentável busca não apenas maximizar o benefício econômico, mas também oferecer valor agregado social e ambiental. Para isso, deve atender aos requisitos legais, ser lucrativa e assumir responsabilidades sustentáveis, contribuindo para o bem comum. Produtos duráveis, serviços que promovem coesão social, e um ambiente de trabalho enriquecedor para os funcionários são elementos-chave para alcançar este

objetivo [ibid.].

No âmbito ecológico, práticas como conservação de recursos, proteção climática, uso de energias renováveis, promoção da biodiversidade, mobilidade sustentável, gestão eficiente da terra e redução da poluição do ar são essenciais para um modelo de negócios sustentável. A sustentabilidade absoluta pode ser um desafio, portanto, busca-se um modelo que represente uma melhoria contínua em direção a práticas mais sustentáveis [ibid.].

No contexto da TI, a digitalização se apresenta como um meio para alcançar sustentabilidade, frequentemente substituindo materiais físicos, como o papel, por soluções digitais mais eficientes. No comércio, por exemplo, o varejo online reduz a necessidade de espaços físicos, e a impressão de livros sob demanda ou a substituição de mídia física por digital em publicidade economiza recursos significativos. Portais online para transações de permuta e empréstimos também representam uma forma de economia de recursos e promoção de práticas sustentáveis [ibid.].

Dessa maneira, a implementação de modelos de negócios sustentáveis representa um compromisso integrado com valores econômicos, sociais e ecológicos, beneficiando tanto as empresas quanto suas comunidades e o ambiente. Esses modelos vão além dos tradicionais, ao incorporar responsabilidades legais e éticas e fomentar inovações que contribuem para a sustentabilidade geral. Práticas empresariais sustentáveis, particularmente aquelas impulsionadas pela TI e digitalização, não apenas otimizam o uso de recursos, mas também estabelecem padrões para operações de negócios mais eficientes e ambientalmente responsáveis. Esta abordagem reflete uma busca constante por sustentabilidade, sublinhando a necessidade de inovação contínua e reavaliação dos processos empresariais para atender às demandas emergentes de um ambiente global em evolução. Nas seções seguintes, serão discutidos com mais detalhes os usos e áreas de aplicação da TI no varejo.

3. Discussão

3.1. Aumentando a sustentabilidade por meio de aplicações de TI

A era digital vem transformando diversos setores, inclusive o varejo, por meio do uso crescente de aplicações de Tecnologia da Informação (TI). Essas aplicações possuem o potencial de elevar os padrões de sustentabilidade tanto em ambientes de comércio online quanto offline. No entanto, as implicações variam significativamente entre esses dois modos de operação. Nesta seção, será discutido como as aplicações de TI, direcionadas tanto para clientes quanto para empresas, podem contribuir para a sustentabilidade no setor varejista, destacando-se a divergência nas aplicações e possibilidades oferecidas por cada ambiente comercial.

A digitalização no varejo promete eficiência econômica por meio da otimização de processos internos. Contudo, ela traz consigo tanto vantagens quanto desvantagens ecológicas. Os impactos negativos incluem a demanda por uma infraestrutura digital robusta, a produção de dispositivos eletrônicos, o aumento do consumo de energia e a geração de resíduos eletrônicos [Park et al. 2020, Dastbaz et al. 2015]. Por outro lado, benefícios ecológicos são evidentes: a digitalização facilita a economia de emissões e energia, especialmente com práticas como o home office, além de reduzir o desperdício através da digitalização de mídias (como livros, músicas ou filmes) e promover a conservação de recursos por meio da economia compartilhada [ibid.].

Estudos indicam que, caso bem implementada, a digitalização poderia contribuir com o objetivo de redução das emissões de gases de efeito estufa em 50% até 2030 no Brasil [ME 2022]. Todavia, os efeitos sociais da digitalização são complexos e sua amplitude ainda é difícil de quantificar. A automatização crescente pode diminuir a demanda por mão de obra em certas indústrias, potencialmente levando a um declínio no emprego [Park et al. 2020].

Em suma, embora a digitalização ofereça várias oportunidades para aumentar a sustentabilidade no varejo, sua eficácia depende de uma implementação consciente e equilibrada, considerando todos os seus efeitos ambientais, econômicos e sociais. O compromisso com a sustentabilidade deve ser ponderado cuidadosamente contra os custos e impactos da digitalização.

3.1.1. Soluções de TI orientadas para o cliente

Esta subseção explora aplicações de TI destinadas a clientes, destacando como elas podem aprimorar a experiência de compra e contribuir para a sustentabilidade. Inicialmente, o foco se dá no uso dessas tecnologias no varejo estacionário e, em seguida, aborda-se suas aplicações no varejo online.

Aplicativos de rastreamento, como CodeCheck [CodeCheck 2024], Think Dirty [ThinkDirty 2024] e Conecta PariPassu [Conecta 2024], oferecem aos consumidores em lojas de varejo estacionárias uma visão detalhada das informações do produto, do fabricante, das cadeias de suprimentos, dos métodos de criação de animais e das formas de produção de alimentos. Estes aplicativos operam sob um princípio comum: o cliente escaneia o código de barras do produto e o aplicativo exibe as informações mencionadas, facilitando o acesso rápido e eficiente a dados que podem influenciar a decisão de compra. Embora os aplicativos de rastreamento não aumentem diretamente a sustentabilidade, eles capacitam os consumidores a selecionar produtos alinhados com seus valores de sustentabilidade.

Existem também cenários versáteis de aplicação no varejo online que podem contribuir para o aumento da sustentabilidade. Uma dessas possibilidades é a digitalização de produtos, como e-books, software ou streams de música [Hashemi-Pour and Lutkevich 2023]. Esse processo permite economizar recursos que seriam necessários para os produtos analógicos, potencialmente aumentando a sustentabilidade. No entanto, é importante destacar que a digitalização demanda novos produtos analógicos para utilizar os produtos digitalizados [Buest 2018]. Esses dispositivos consomem eletricidade, elevando o consumo energético. Consequentemente, isso acarreta um maior impacto ambiental, dependendo de como são produzidos [Park et al. 2020]. Outros impactos ambientais advêm da produção de dispositivos eletrônicos, relacionados à extração de recursos, ao descarte e ao próprio processo produtivo. As terras raras, em particular, são extraídas sob condições ambientais e de trabalho muitas vezes precárias, associadas à vida útil curta dos equipamentos e ao seu frequentemente inadequado descarte. Tais fatores devem ser considerados na avaliação da sustentabilidade, evidenciando que a digitalização, incluindo as aplicações de TI, pode também gerar efeitos negativos e não necessariamente resultar em um aumento da sustentabilidade [Asher 2022].

Alternativamente, a melhoria do acesso à informação através da internet possibilita a opção de não realizar novas compras, optando por produtos usados [Whitehead 2021]. Plataformas de negociação de segunda mão, como eBay ou Vinted, facilitam a aquisição de produtos usados, reduzindo a produção de novos bens e, conseqüentemente, o consumo de recursos e energia [Howes 2023].

Adicionalmente, as plataformas de compartilhamento representam outra vertente de aplicações de TI focadas no cliente, que também possibilitam evitar novas compras. Distinguem-se aqui o *Peer-to-Peer Sharing* e a *Sharing Economy* [Snelgar 2019]. Enquanto o compartilhamento ponto a ponto ocorre entre usuários privados, com o site servindo apenas como um facilitador (por exemplo, compartilhamento de carona entre pares ou aluguel entre vizinhos), na economia compartilhada, a oferta é provida por um provedor comercial que busca lucro, incluindo exemplos como o compartilhamento de carros e bicicletas [ibid.]. Essas práticas podem contribuir para a sustentabilidade, embora estudos empíricos ainda sejam necessários para confirmar esse impacto.

O acesso rápido a informações sobre as condições de produção e o impacto ambiental, como o balanço de CO₂ ou a pegada ecológica, através de aplicativos, blogs, sites e podcasts, visa educar os consumidores sobre práticas de consumo sustentáveis e aumentar a conscientização sobre os problemas associados ao consumo insustentável [Kristoff 2019, de Ferrer 2020].

Portanto, enquanto as soluções de TI orientadas para o cliente oferecem métodos inovadores para promoção de um comportamento consciente, alinhado com os princípios de sustentabilidade, é essencial considerar tanto os benefícios quanto os possíveis efeitos adversos dessas tecnologias. A integração consciente e crítica dessas ferramentas pode potencialmente levar a um futuro mais sustentável, mas requer vigilância contínua e avaliações rigorosas de seus impactos ambientais e sociais.

3.1.2. Soluções de TI orientadas para a empresa

Esta subseção discute o papel das empresas no aumento da sustentabilidade por meio de tecnologias de informação (TI), abordando especificamente oportunidades que não são diretamente perceptíveis pelos clientes, como aprimoramentos em cadeias de suprimentos, logística, armazenamento e planejamento de compras.

A inteligência artificial (IA) tem se mostrado uma ferramenta versátil no varejo, capaz de otimizar uma variedade de processos. Exemplos notáveis incluem a otimização de cadeias de suprimentos, gestão de devoluções e aquisições [Intel 2022]. No contexto do comércio online, as devoluções, influenciadas pelo direito de desistência (Artigo 49 da Lei nº 8.078 de 11 de Setembro de 1990), são cruciais para a gestão de estoques. Além dos procedimentos padrão, existem desafios relacionados à fraude por clientes e funcionários, sendo possível mitigar esses riscos com IA, que identifica padrões de comportamento e inicia ações preventivas. As aplicações de IA também são úteis para avaliar os retornos em termos de revenda, ajudando a decidir quais produtos devolvidos devem ser reprocessados ou apenas armazenados temporariamente [ibid.]. A natureza dos retornos oferece um ambiente ideal para o aprendizado de IA, devido ao seu volume e frequência [ibid.]. Reduzir abusos nas devoluções pode promover a sustentabilidade, limitando reenvios a

clientes com histórico de muitas devoluções, reduzindo assim o desperdício [ibid.].

Sensores em prateleiras monitoram e reportam automaticamente o estoque ao sistema central, permitindo que a IA e os algoritmos prevejam a demanda e ajustem os pedidos para minimizar o desperdício [ibid.]. Este sistema é particularmente eficaz em reduzir o desperdício de produtos perecíveis, como alimentos assados, e permite ajustes dinâmicos dos preços através do uso de etiquetas de preço digitais. Um exemplo disso é a venda de produtos excessivamente assados pouco antes do término do período de venda, em vez de descartá-los imediatamente, o que favorece a sustentabilidade. Além de reduzir o uso de papel ao substituir as etiquetas convencionais, essas etiquetas digitais oferecem mais informações sobre os produtos por meio de QR codes ou códigos de barras, melhorando a visibilidade para o cliente e incentivando a compra de produtos mais sustentáveis e até então desconhecidos por eles [Intel 2022, Bailey 2020].

As funções de compra e aquisição de mercadorias também se beneficiam das aplicações de IA, que aprimoram processos de curto prazo como controle de reabastecimento e precificação, maximizando o uso de recursos e, conseqüentemente, aumentando as vendas e a sustentabilidade [Intel 2022]. Aplicações de IA também ajudam a evitar custos desnecessários ao gerenciar o sortimento e o armazenamento para prevenir a acumulação de produtos de movimento lento, que podem acabar sendo descartados, poupando recursos valiosos [ibid.]. Ao evitar o excesso de estoque e facilitar decisões mais inteligentes sobre sortimento e armazenamento, a IA contribui diretamente para a sustentabilidade econômica e ecológica das operações comerciais, promovendo um gerenciamento mais consciente e responsável dos recursos disponíveis [ibid.].

Conforme já descrito, a otimização das cadeias de suprimentos e da logística associada permite um aumento da sustentabilidade [Park et al. 2020]. Isso pode ser suportado e efetuado com softwares e aplicações de IA [ibid.]. As soluções de software podem ser utilizadas para identificar *hotspots* sociais e ecológicos nas cadeias de suprimentos, que podem então ser ativamente gerenciados [UNEP 2021]. A mitigação desses *hotspots* pode aprimorar a sustentabilidade da cadeia de suprimentos e, conseqüentemente, também da empresa varejista. O software não elimina os problemas dentro da cadeia de suprimentos, mas facilita a identificação deles. Outras aplicações de TI incluem autoavaliações que permitem que os fornecedores forneçam informações, como evidências, possibilitando maior transparência para a empresa e seus clientes [Park et al. 2020]. Isso também pode ser apoiado por listas de verificação e instruções que podem ser usadas para monitorar os processos de melhoria, contribuindo para uma cadeia de suprimentos transparente. A *green logistic* representa uma solução para uma maior sustentabilidade, na qual todos os componentes da logística de uma empresa devem ser alinhados de forma sustentável [Engelage et al. 2016].

Com a *green logistic*, surge a questão de como reduzir os efeitos negativos causados pelo meio de transporte utilizado, principalmente os efeitos das emissões, da poluição sonora, do uso do solo e das taxas de acidentes [ibid.]. Para mitigar isso, os impactos ecológicos, sociais e econômicos da logística devem ser identificados; um exemplo disso é o impacto ambiental de um meio de transporte [ibid.].

Essa é uma tarefa complexa devido a vários fatores, como o consumo e a carga do meio de transporte ou as condições meteorológicas e climáticas [ibid.]. O uso de software

pode melhorar a sustentabilidade em relação à logística, e também conduzir a uma maior sustentabilidade econômica [Intel 2022]. Um aumento na dimensão ecológica da sustentabilidade também pode ser alcançado com o uso de software; por exemplo, um sistema integrado de gestão documental, que permite trabalhar sem papel [Park et al. 2020]. Além disso, as rotas e o uso de meios de transporte, juntamente com o consumo de combustível e as emissões relacionadas, podem ser otimizados, melhorando o aspecto ecológico da sustentabilidade [Engelage et al. 2016]. Os *outliers* estatísticos dentro da cadeia de suprimentos são mais facilmente identificados e corrigidos usando um software estatístico [Anaplan 2021]. Para aumentar a sustentabilidade, a otimização das cadeias de suprimentos não deve apenas considerar os aspectos econômicos, mas também ser projetada para ser social e ecologicamente responsável [Park et al. 2020]. Conforme descrito, softwares e aplicações de IA podem auxiliar nesses processos para identificar problemas dentro da cadeia de suprimentos, que podem então ser corrigidos e contribuir para uma maior sustentabilidade [ibid.].

Sendo assim, foi abordada a função crítica das tecnologias de informação (TI) no aumento da sustentabilidade dentro das operações de empresas varejistas. Foi destacado como a IA e outras aplicações de software não apenas otimizam processos operacionais, como cadeias de suprimentos e logística, mas também aprimoram a transparência e eficiência, contribuindo significativamente para a sustentabilidade ambiental e econômica. A gestão de devoluções e o controle de estoque são exemplos claros onde a IA desempenha um papel transformador, minimizando desperdícios e promovendo um gerenciamento mais responsável dos recursos. Além disso, a adoção da *green logistic* e a otimização baseada em software de elementos logísticos e de cadeias de suprimentos são essenciais para alinhar as práticas comerciais com objetivos sustentáveis, reduzindo impactos ambientais adversos e melhorando a performance econômica das empresas. Portanto, fica evidente que a integração de soluções de TI orientadas para a empresa não apenas impulsiona a eficiência operacional, mas também fortalece a responsabilidade socioambiental no contexto empresarial moderno.

3.2. Aplicações no futuro

Embora muitas tecnologias avançadas já estejam em uso, várias outras possuem potencial significativo, mas ainda não foram amplamente adotadas em nenhum setor. Entre elas, a Inteligência Artificial, a Internet das Coisas e a tecnologia Blockchain se destacam por seu grande potencial disruptivo, embora ainda enfrentem barreiras significativas para a implementação prática. Essas tecnologias, apesar de já serem exploradas em alguns campos, enfrentam desafios que vão desde a aceitação do mercado e questões regulatórias até limitações técnicas que ainda precisam ser superadas. Esta seção discute aplicações futuras dessas tecnologias em diferentes contextos, detalhando como podem transformar diversos setores, especialmente o varejo, ao solucionar problemas existentes e introduzir novas capacidades.

3.2.1. Tecnologias prontas para aplicação

No varejo físico, o papel ainda é comumente utilizado para a emissão de recibos. Estes são impressos automaticamente e frequentemente descartados em poucos segundos. Uma inovação para evitar esse desperdício é o recibo digital. A empresa Anybill oferece a

opção de emitir recibos sem papel, sem a necessidade de aplicativos ou registros prévios. Para obter o recibo, basta que o cliente escaneie um código QR [Anybill 2024]. O recibo digital serve como substituto legal completo do recibo físico convencional, proporcionando aos clientes uma visão mais clara e organizada de suas despesas, especialmente útil para compras empresariais, uma vez que todos os recibos são armazenados em um único local, eliminando a necessidade de tarefas contábeis manuais [ibid].

Para reduzir a devolução de mercadorias no comércio online, o uso de *virtual fittings* revela-se extremamente vantajoso. Muitos varejistas adotam tabelas de medidas padronizadas para determinar os tamanhos das roupas, uma prática que não considera a variação nos cortes das peças, resultando em desvantagens evidentes para os consumidores. A empresa Presize.ai propõe duas soluções inovadoras que visam aprimorar significativamente a experiência do cliente, minimizando as devoluções e aumentando a satisfação geral [Presize 2021]. Uma das soluções oferecidas é a medição corporal detalhada, que inicialmente requer que o cliente complete um questionário. Posteriormente, são determinadas até trinta dimensões corporais distintas por meio de um vídeo, que auxilia na criação de um modelo 3D do corpo do cliente. Este processo necessita apenas de um smartphone posicionado próximo do indivíduo com o enquadramento total dele. Com base nas medidas coletadas, a Presize.ai sugere o tamanho de roupa mais adequado para o indivíduo [ibid.]. Para garantir a precisão nas recomendações, a Presize.ai utiliza um sistema de quatro etapas distintas. Este sistema é integrado diretamente na página do produto na loja online, permitindo que o cliente tenha acesso imediato à recomendação de tamanho. Em seguida, mais duas etapas são implementadas para aferir o tamanho apropriado. Finalmente, é fornecida uma recomendação que indica com precisão onde a peça ficará mais ajustada ou mais folgada no corpo do cliente [ibid.].



Figura 2. Engenharia de dados [Presize 2021]

A metodologia de análise empregada considera tanto os dados fornecidos no questionário quanto as informações obtidas da varredura 3D. Estes dados são então comparados com as tabelas de medidas padrão utilizadas na indústria. Além disso, as informações coletadas são confrontadas com os históricos de devoluções de outros clientes com medidas corporais semelhantes. Por exemplo, se um cliente com um perfil de medidas parecido

devolveu anteriormente uma peça no tamanho M por ser muito justa, a recomendação pode ser ajustada para o tamanho L. Avaliações de outros clientes e fotos são também incorporadas nessa análise, tornando-a mais abrangente e confiável [ibid.].

Estas recomendações individualizadas não apenas facilitam a experiência de compra, reduzindo o número de devoluções necessárias, como também mitigam os impactos negativos ao meio ambiente causados pelo excesso de devoluções. Essas práticas evidenciam um avanço significativo nas estratégias de vendas online, promovendo uma interação mais eficiente e sustentável entre varejistas e consumidores.

Para concluir, esta subseção explorou tecnologias emergentes que estão prontas para serem aplicadas no varejo, tanto físico quanto online, com o objetivo de otimizar a experiência de compra e reduzir ineficiências operacionais. Os recibos digitais da Anybill representam um avanço significativo na redução do desperdício de papel, oferecendo aos clientes uma maneira mais sustentável e organizada de gerenciar suas transações financeiras. Por outro lado, as soluções de *virtual fittings* desenvolvidas pela Presize.ai abordam diretamente o problema das devoluções frequentes no comércio eletrônico, empregando tecnologia avançada para garantir que os consumidores recebam produtos que se ajustem bem ao seu corpo, baseando-se em uma análise detalhada e personalizada das medidas corporais. Ambas as inovações não apenas aprimoram a satisfação do cliente, mas também contribuem para a redução dos impactos ambientais associados às práticas comerciais tradicionais. Ao implementar essas tecnologias, espera-se que o varejo possa oferecer uma experiência mais eficiente, precisamente adaptada às necessidades e expectativas dos consumidores modernos, enquanto promove práticas mais sustentáveis e responsáveis.

3.2.2. Inteligência Artificial

Como mencionado previamente, os padrões de exigência dos consumidores no comércio varejista têm aumentado consistentemente, dado que eles podem, a qualquer instante, comparar preços e produtos através da internet. Paralelamente, os comerciantes dispõem da possibilidade de acumular um volume crescente de dados sobre seus clientes. Estes dados são indispensáveis para antecipar tendências de consumo.

Além do domínio técnico necessário, a coleta e processamento de dados devem obedecer às regulamentações de proteção de dados pessoais e dos direitos dos consumidores [Park et al. 2020]. Para conduzir uma análise precisa de acordo com as leis de proteção de dados, é fundamental a automação dos processos analíticos. A Inteligência Artificial (IA) se apresenta como uma solução eficiente para essa necessidade. No âmbito do varejo, a IA fraca⁴ é mencionada como na seção anterior. Embora aplicações de IA estejam atualmente sendo implementadas no varejo, versões mais avançadas dessa tecnologia têm o potencial de alterar substancialmente o setor no futuro [Sukhostavets 2021].

Um caso específico é a utilização da IA no planejamento da demanda de produtos. “Esta inovação resultou na eliminação dos processos manuais ineficazes de encomenda,

⁴A IA fraca possui a habilidade de identificar padrões e aplicá-los em vastas quantidades de dados. Contudo, ela não possui capacidade de criação nem a habilidade de adquirir novas competências de maneira autônoma. [Estevez and Perez 2022]

ao mesmo tempo que aumentou a disponibilidade de produtos nas prateleiras em 30%” [ibid.]. Este avanço ocorreu após a colaboração entre a rede de supermercados britânica Morrisons e a empresa Blue Yonder, visando aprimorar as projeções de demanda [ibid.]. Tais melhorias trazem para os comerciantes reduções significativas de custos e vantagens importantes para a sustentabilidade. Com o uso de uma IA mais sofisticada, é possível que os varejistas prevejam com exatidão a quantidade de cada produto que será vendida e o período de tempo em que isso ocorrerá. A empresa Rue La La, por exemplo, implementou um sistema inovador de IA para definir o preço máximo pelo qual um produto pode ser vendido, ajustando os preços de itens de “primeira exposição” com base em previsões de demanda para maximizar a receita [Ferreira et al. 2015, Simchi-levi 2017]. Esta estratégia inovadora não apenas estabeleceu preços ótimos inicialmente, mas também resultou em um aumento de aproximadamente 10% na receita, demonstrando a eficácia da IA em adaptar-se dinamicamente ao mercado e otimizar os retornos financeiros [ibid.]. Além disso, uma aplicação abrangente de IA para a previsão de vendas envolve também a análise de dados de marketing e concorrência, incluindo estratégias de publicidade, posicionamento de produtos no mercado e a fixação de preços em relação aos concorrentes no planejamento [ibid.].

A IA também pode aprimorar significativamente a logística de varejistas. Dentro de armazéns, por exemplo, robôs operados por IA potencializam a eficiência ao automatizar o processo de gerenciamento da movimentação e armazenamento de produtos. Um exemplo notável é a Suning, um dos maiores varejistas não governamentais da China, que experimentou com um projeto de robô de armazém. Nesse projeto, 200 robôs de armazém percorriam um armazém de 1.000 metros quadrados e movimentavam quase 10.000 prateleiras móveis, reduzindo o trabalho manual em 50% a 70% quando mil peças de mercadorias eram selecionadas [Zhang 2019]. Esses sistemas baseados em IA são programados para calcular as rotas mais curtas, ou seja, os caminhos ótimos até os seus objetivos respectivos, resultando em uma economia significativa no tempo gasto nas operações e atingindo uma precisão de 99,9% na seleção de mil peças durante o processo de separação [ibid.]. Além disso, a aplicação de IA na logística se estende à entrega de produtos, uma fase ainda mais complexa e imprevisível da cadeia de suprimentos.

O processo de entrega ao cliente final é repleto de variáveis e desafios maiores do que os encontrados em um ambiente controlado como um armazém. O Walmart introduziu uma estratégia inovadora em que seus empregados realizam entregas no trajeto de volta para casa, visando reduzir custos no chamado “último quilômetro” da entrega, que é frequentemente o mais caro no processo de cumprimento de pedidos [Bhattarai 2017]. Sistemas de IA são utilizados para determinar a rota ótima, o que reduz deslocamentos desnecessários e, conseqüentemente, além de cortar emissões, economiza tempo ao utilizar os trajetos já necessários para o retorno dos empregados, com a vantagem adicional de pagamentos extras por essas entregas [ibid.].

Em uma abordagem alternativa, tanto robôs quanto drones guiados por IA são empregados nas entregas. Por exemplo, a Amazon tem explorado tecnologias avançadas para otimizar suas entregas. Inicialmente, em 2016, a Amazon realizou entregas bem-sucedidas via drone no Reino Unido para clientes extremamente próximos a um de seus depósitos, demonstrando a viabilidade técnica da entrega autônoma para itens leves que pesem até 2,6 kg [Hern 2016]. Esta operação, limitada a apenas dois clientes, era capaz

de entregar produtos em apenas 13 minutos após o pedido [ibid.]. Avançando para 2023, a Amazon anunciou planos para expandir significativamente este serviço no Reino Unido e na Itália, com a promessa de que a nova geração de drones, capaz de operar em condições meteorológicas mais adversas e durante períodos mais extensos do dia, começará a funcionar até o final de 2024 [Jones 2023]. Este novo modelo, MK30, não requer um código QR dedicado para a entrega, facilitando assim sua operacionalização [ibid.].

Além disso, a Starship Technologies utiliza robôs autônomos que são monitorados por humanos e podem entregar produtos localmente dentro de um raio de 2-3 milhas em 15-30 minutos, fornecendo uma solução eficiente para entregas urbanas rápidas [Harris-Burland 2021]. Tanto a Amazon quanto a Starship Technologies estão à frente no uso de veículos autônomos para resolver desafios logísticos complexos e melhorar a experiência de entrega ao cliente, reduzindo o tempo de espera e aumentando a eficiência do processo de entrega.

A IA demonstra vantagens significativas no varejo físico, especialmente em operações logísticas onde a precisão e eficiência são críticas. Em 2017, o Walmart implementou robôs autônomos para escanear prateleiras, identificando produtos esgotados, mal colocados ou com preços errados [Heater 2017]. Estes robôs, que aumentam a eficiência em 50% em comparação com as tarefas realizadas por humanos, não substituíram os empregados, conforme afirma Jeremy King, CTO dos EUA do Walmart [ibid.]. Em vez disso, eles complementaram suas funções, permitindo que os funcionários se concentrassem em atividades mais consultivas e interativas com os clientes, em detrimento de tarefas rotineiras e repetitivas [ibid.]. Esse ajuste elevou o envolvimento dos funcionários com os clientes e aumentou a conscientização sobre as novas tecnologias implementadas [ibid.].

Em um desenvolvimento mais recente durante a pandemia, o Walmart utilizou IA para aprimorar a experiência de compra online, ajudando os *Personal Shoppers* a selecionarem as melhores substituições para itens fora de estoque [Venkatesan 2021]. A tecnologia de IA considerou centenas de variáveis para sugerir alternativas desejáveis, resultando em uma aceitação de substituições pelos clientes de mais de 95% [ibid.]. Esse sistema não só facilitou o trabalho dos associados, que receberam sugestões precisas sobre preferências dos clientes e localizações dos produtos, como também melhorou significativamente a satisfação do cliente, evidenciando uma evolução contínua das capacidades de IA em adaptar-se a complexidades crescentes do varejo [ibid.].

Essa abordagem dual do Walmart, tanto na frente de operações internas quanto no atendimento ao cliente, reflete um compromisso com a inovação contínua e a aplicação prática de tecnologias avançadas para melhorar a eficiência operacional e a experiência do consumidor, posicionando a empresa de forma competitiva contra rivais como a Amazon, que também explora intensivamente a automação e IA para otimizar suas operações de entrega e logística.

Na Alemanha, a OTTO está intensificando o uso da IA não apenas no presente, mas com planos ambiciosos para o futuro. A empresa já emprega IA em quase todos os aspectos de seus processos de negócios, desde previsões de vendas e retornos até reconhecimento de imagem e experiência do cliente [Onsack 2024]. Essa vasta aplicação de IA inclui a otimização da logística de entrega, onde a OTTO planeja sincronizar os prazos de entrega entre suas marcas próprias e de terceiros [ibid.]. Atualmente, os prazos para

produtos de terceiros são prolongados devido à necessidade de processar os pedidos na empresa fornecedora antes de serem enviados ao armazém da OTTO e, em seguida, despachados aos clientes [ibid.]. Este complexo processo logístico impacta a sustentabilidade, uma preocupação que a OTTO pretende resolver com entregas diretas de fornecedores externos aos clientes, potencialmente reduzindo significativamente os custos de envio e emissões [ibid.].

Adicionalmente, a IA na OTTO tem contribuído positivamente para a sustentabilidade ao minimizar retornos e agrupar pedidos com base em análises preditivas precisas, usando uma infraestrutura que faz 7,5 bilhões de previsões individuais por mês para otimizar quantidades de compra e logística de armazenamento [ibid.]. A transformação na experiência do cliente também é notável; a OTTO utiliza IA para personalizar a navegação e recomendações de produtos em sua plataforma, melhorando a satisfação do cliente e a eficiência das compras online [ibid.]. A integração da IA nas avaliações de produtos oferece aos clientes filtros para revisões baseadas em critérios específicos, como tamanho e qualidade, melhorando a decisão de compra e a experiência geral do usuário [ibid.].

Além disso, a OTTO é pioneira em uma nova era de logística inteligente, em parceria estratégica com a startup californiana Covariant [OttoGroup 2023]. A Covariant, que desde 2017 está na vanguarda do desenvolvimento de *AI Robotics*, criou o primeiro modelo de fundação para robótica, permitindo que os robôs tomem decisões autônomas [ibid.]. Essa inovação permitirá reimaginar todo o fluxo de mercadorias, distribuição, embalagem e movimentação de mercadorias, fortalecendo a posição da OTTO como uma líder em e-commerce enquanto responde a desafios como a escassez de habilidades através da automação [ibid.].

A introdução dessa tecnologia de IA não apenas otimiza processos, mas também capacita a OTTO a operar seus centros de atendimento mais próximos aos clientes, fortalecendo a Alemanha e a Europa como centros comerciais importantes [ibid.]. Com mais de cem robôs IA já planejados para serem implementados em seus centros de atendimento, a OTTO está configurada para redefinir a logística de e-commerce, melhorando a eficiência e a sustentabilidade [ibid.].

Essa abordagem estratégica não apenas faz da OTTO um exemplo de inovação em IA, mas também destaca seu compromisso com a sustentabilidade e a eficiência operacional, preparando a empresa para um futuro em que a IA desempenhará uma função ainda mais decisiva. A estratégia futura inclui a expansão das capacidades de IA para abranger mais fluxos de valor dentro da empresa, com OTTO CIO Dr. Michael Müller-Wünsch prevendo que até 50% do portfólio tecnológico da empresa será caracterizado por elementos arquitetônicos de IA até 2030 [Oncsak 2024]. Este compromisso com a inovação em IA reflete uma visão abrangente da OTTO de se adaptar às exigências do comércio eletrônico moderno, reforçando sua posição como líder de mercado ao mesmo tempo em que aborda questões críticas como sustentabilidade e eficiência operacional [ibid.].

Dessa forma, esta subseção destacou o impacto revolucionário da Inteligência Artificial no setor de varejo, enfatizando seu papel vital na transformação das operações comerciais e na melhoria da interação com os consumidores. As aplicações de IA abrangem desde a personalização da experiência do cliente até a otimização da logística e a previsão de demandas, refletindo uma significativa evolução em direção a práticas mais

sustentáveis e eficientes. A integração da IA tem permitido a empresas como a OTTO e o Walmart não apenas aprimorar suas operações internas, mas também oferecer serviços mais alinhados às necessidades e expectativas dos consumidores modernos. O compromisso contínuo com o avanço da IA promete não só manter estas empresas na vanguarda da inovação tecnológica, mas também impulsionar o setor varejista para uma era de maior eficácia operacional e responsabilidade ambiental. Ao revisitar as diversas facetas da implementação da IA discutidas nesta subseção, fica claro que a adoção dessa tecnologia está remodelando fundamentalmente a paisagem do comércio eletrônico, preparando o caminho para um futuro onde a eficiência e a personalização são primordiais.

3.2.3. Internet das Coisas

O número de dispositivos conectados à internet nas residências está crescendo continuamente. Inicialmente, eram apenas computadores desktop; atualmente, incluem-se smartphones, laptops, iluminação inteligente, impressoras e muitos outros aparelhos. A Internet das Coisas (IoT) é definida como a conexão ampla de dispositivos que podem interagir entre si e compartilhar dados para uma rede maior, onde os dados compartilhados podem ser aproveitados para extrair valor [Firouzi et al. 2020]. Para que isso ocorra, todos os dispositivos devem possuir identificadores únicos e utilizar tecnologias embarcadas para coletar dados sobre si mesmos e sobre o ambiente ao seu redor, transferindo essas informações para outros dispositivos ou servidores [ibid.]. Esses dados, uma vez correlacionados e analisados, permitem decisões mais inteligentes. A IoT representa uma oportunidade significativa para transformar processos e modelos de negócios em varejos, indo muito além de uma simples conexão entre dispositivos. Empresas como IBM e SAP definem a IoT como a rede vasta de dispositivos conectados à internet, incluindo desde smartphones e tablets até carros e máquinas industriais, todos coletando e trocando dados diariamente [ibid.]. Em termos de custos, já é viável instalar microcontroladores em cada dispositivo, tornando a integração mais acessível e prática. Nesse sentido, não é necessário equipar um chaveiro com todas as funções possíveis, mas sim com aquelas que permitem comunicação e funcionalidade eficiente dentro do ecossistema IoT.

Uma das grandes vantagens da IoT é a comunicação entre dispositivos, que se complementam mutuamente. Por exemplo, uma chave equipada com um microchip não precisa de um rastreador GPS, pois se comunica com os sensores no ambiente e pode ser localizada utilizando redes de sensores sem fio (WSN) e etiquetas de identificação por radiofrequência (RFID) integradas com nós de sensores [Cambazoglu 2014]. No contexto residencial, essa tecnologia pode ser aplicada para localizar objetos como chaves, carteiras e controles remotos, aumentando a conveniência e eficiência na vida cotidiana [ibid.].

No varejo físico, a adoção da IoT pode trazer benefícios significativos. Para conectar o varejo, é necessário equipar todos os itens com um microchip. A principal vantagem é que as caixas registradoras tornam-se desnecessárias, pois os produtos são registrados e debitados automaticamente. O débito é efetuado através de uma caixa registradora eletrônica, que envia a ordem de pagamento diretamente para o smartphone do cliente [Bishop 2016].

A Amazon é pioneira nesta área, utilizando tecnologias avançadas como fusão de

sensores, visão computacional e algoritmos de aprendizado profundo para criar um ambiente de compras automatizado. A tecnologia “Just Walk Out” da Amazon Go exemplifica como a fusão de dados de múltiplos sensores pode aumentar a precisão e confiabilidade do sistema, eliminando a necessidade de filas e caixas registradoras tradicionais [ibid.]. A empresa integra algoritmos de visão computacional e aprendizado de máquina, semelhantes aos usados em carros autônomos, para monitorar continuamente as ações dos clientes e atualizar automaticamente o carrinho virtual à medida que os itens são retirados ou devolvidos às prateleiras [ibid.].

Por esse ângulo, em 2016, a Amazon lançou um projeto piloto para seus funcionários. Na loja física Amazon Go, os clientes puderam retirar os produtos das prateleiras e sair da loja sem esperar na caixa registradora. Ao entrar, um código QR é digitalizado uma única vez. O cliente pode então remover um produto da prateleira e colocá-lo de volta se mudar de ideia. O pagamento é feito por meio de uma conta de cliente previamente configurada [ibid.]. Desde então, o número de lojas Amazon Go nos EUA aumentou, atingindo 22 unidades em maio de 2024, com o estado de Washington abrigando sete dessas lojas [ScrapeHero 2024]. Esse formato avançado de loja, que utiliza QR codes e câmeras para automatizar o processo de compra, está se expandindo lentamente para a Europa e Brasil [Fukushima 2023].

No Brasil, a empresa Zaitt seguiu o exemplo da Amazon Go, lançando um minimercado totalmente automatizado em São Paulo, que utiliza tecnologias como reconhecimento facial e sensores RFID para registrar as compras [Lavado 2019]. Esse modelo inovador de loja funciona 24 horas por dia, 7 dias por semana, sem a necessidade de funcionários para processar pagamentos ou supervisionar a segurança [ibid.]. Um sistema de reconhecimento facial permite a entrada e saída dos clientes, enquanto os sensores RFID rastreiam os produtos retirados das prateleiras, registrando automaticamente as compras e debitando os valores diretamente do cartão de crédito cadastrado no aplicativo do cliente [ibid.]. Essa abordagem não só melhora a eficiência operacional, mas também oferece uma experiência de compra conveniente e rápida para os consumidores.

A automação de lojas está transformando o varejo físico, oferecendo maior flexibilidade e conveniência para os consumidores. Na Alemanha, por exemplo, os minimercados utilizam aplicativos para permitir que os clientes digitalizem os produtos diretamente na prateleira e paguem de forma independente em um terminal de pagamento, operando 24 horas por dia, sete dias por semana também [Fukushima 2023]. No Brasil, a tecnologia de lojas automatizadas é amplamente utilizada em minimercados localizados em condomínios, onde sistemas de videomonitoramento em rede com análise de vídeo integrada ajudam a prevenir roubos e vandalismos, além de oferecer uma experiência de compra personalizada e segura [ibid.].

O uso de sistemas de segurança baseados em IP, que combinam videomonitoramento, controle de acesso e sistemas de contagem de pessoas, permite que apenas pessoas registradas entrem nas lojas, evitando a superlotação e melhorando a segurança. Estudos mostram que mais de um terço dos consumidores preferem saber quantas pessoas estão numa loja antes de entrar, e essa informação pode ser exibida em telas na entrada ou acessada via smartphone [ibid.]. Na zona de *checkout*, a análise de vídeo inteligente garante que todos os produtos no carrinho sejam digitalizados corretamente, reduzindo perdas não identificadas, que incluem furtos e roubos, um problema significativo no setor varejista

brasileiro [ibid.].

O futuro das compras está cada vez mais automatizado, e com o desenvolvimento contínuo da tecnologia, as possibilidades estão crescendo exponencialmente. Mensagens de voz automatizadas podem ser otimizadas usando sistemas de câmeras de vídeo para rastrear os movimentos dos clientes pela loja, orientando-os para os corredores corretos e oferecendo ofertas especiais em produtos expostos no caixa [ibid.]. A automação de lojas oferece maior flexibilidade, atendendo aos diferentes estilos de vida das pessoas, e está criando uma nova era de atendimento ao cliente, mais eficiente e personalizada.

A IoT também pode ser usada para comunicar informações sobre produtos em varejos *brick-and-mortar*. Por exemplo, um *beacon* pode ser anexado à prateleira de vegetais. Quando um cliente se aproxima, ele recebe automaticamente informações sobre os vegetais em seu carrinho de compras [Đurđević et al. 2022]. Esse método permite que os clientes sejam informados sobre a sustentabilidade dos produtos no varejo físico, eliminando a necessidade de pesquisas adicionais na internet. Além disso, os *beacons* podem ser utilizados para disparar promoções personalizadas, oferecendo ofertas específicas e relevantes para os clientes, aumentando a probabilidade de compra. Estudos demonstram que a tecnologia de *beacons* tem um impacto positivo na atenção dos compradores e na decisão de compra, pois oferece uma comunicação personalizada e contextualizada em tempo real [ibid.].

A rede de produtos individuais no varejo físico também oferece várias vantagens para o próprio varejista. Desta forma, é registrado com precisão quando uma prateleira está vazia, permitindo o reabastecimento imediato. Isso leva a um planejamento de pessoal mais eficiente. Além disso, a energia necessária para refrigerar as mercadorias é reduzida, pois há menos produtos disponíveis no armazém devido à maior eficiência. A implementação de *beacons* pode ser parte de um sistema inteligente de gerenciamento de inventário, onde a localização e a quantidade dos produtos são monitoradas continuamente [ibid.]. Isso não só otimiza a logística e o reabastecimento, mas também melhora a experiência do cliente, garantindo que os produtos desejados estejam sempre disponíveis.

Para alcançar uma rede logística completa e eficiente, seis critérios fundamentais devem ser atendidos: as mercadorias devem ser totalmente identificadas, a localização deve ser registrada detalhadamente, o histórico das mercadorias deve ser completo, a condição atual deve estar disponível, as mercadorias devem ser acessíveis para as partes relevantes, e o reconhecimento independente de eventos importantes é um critério crucial [Markovic et al. 2020]. Esses critérios abrangem diversas aplicações na logística. A identificação pode variar desde a marcação de lotes até a identificação de produtos individuais, e pode ser realizada através de sensores individuais ou redes inteiras de sensores [ibid.].

A aplicação desses critérios depende de fatores como custos, regulamentações e necessidades específicas. Um exemplo notável é a salvaguarda da originalidade do produto. Aqui, o objetivo é garantir que um produto original possa ser reconhecido em qualquer ponto da cadeia logística. A tecnologia HF-RFID⁵ é utilizada, permitindo criptografia e alta eficiência energética. Este método é eficaz na prevenção de falsificações de etiquetas, e a verificação pode ser realizada por smartphones que reconhecem recursos de

⁵Identificação de radiofrequência na faixa de alta frequência [Jones and Chung 2016]

segurança [ibid.].

No entanto, a coleta contínua de dados pela IoT ainda enfrenta muitos desafios, principalmente no que diz respeito à proteção de dados. Um grande obstáculo é a privacidade, já que as informações pessoais são registradas e transmitidas constantemente sem que os indivíduos sejam sempre informados ou tenham a oportunidade de verificar o conteúdo antes de seu envio [Ren et al. 2021]. Além disso, os dados coletados podem ser analisados e utilizados para outros fins, como a análise de comportamento de compradores no varejo, onde uma pessoa pode ser identificada através dos dados coletados [ibid.]. Embora a anonimização possa ser uma solução, mesclando grandes quantidades de dados em valores médios para dificultar a identificação individual, a eficácia dessas técnicas nem sempre é garantida [ibid.].

A anonimização de dados é um processo complexo que pode ser revertido em alguns casos, especialmente quando se utiliza técnicas como a pseudonimização ou a criptografia de dados. Dados anonimizados podem ser reidentificados por meio de ataques de correlacionamento com outros conjuntos de dados, como demonstrado por Yao et al. (2019) [ibid.]. Portanto, a anonimização não é uma solução infalível para a proteção de dados. No contexto da IoT, onde uma grande quantidade de dispositivos inteligentes gera dados continuamente, a proteção dos dados contra acessos não autorizados é imprescindível. O armazenamento central de dados também pode se tornar um ponto vulnerável se o acesso não autorizado não for impedido [Parentoni et al. 2021].

Uma abordagem promissora para enfrentar esses desafios é a utilização da tecnologia blockchain, que pode oferecer uma camada adicional de segurança e integridade aos dados coletados pela IoT. A blockchain permite o armazenamento descentralizado e imutável dos dados, dificultando acessos não autorizados e manipulações [ibid.]. Além disso, *smart contracts* podem ser utilizados para gerenciar o acesso aos dados e garantir que apenas partes autorizadas possam interagir com as informações sensíveis, proporcionando uma solução robusta para a privacidade e segurança dos dados na era da IoT [ibid.].

Em termos gerais, a IoT está revolucionando diversos setores, desde o ambiente doméstico até o varejo físico e a logística, promovendo uma integração sem precedentes entre dispositivos e sistemas. A capacidade de comunicação entre dispositivos facilita tarefas cotidianas, como a localização de itens pessoais, enquanto no varejo, a automação de processos de pagamento e reabastecimento otimiza a experiência do consumidor e a eficiência operacional. Além disso, a IoT aprimora a logística, permitindo um monitoramento detalhado das mercadorias e a implementação de práticas mais sustentáveis. Contudo, a coleta contínua de dados pela IoT levanta preocupações significativas em relação à privacidade e à segurança dos dados. A anonimização de dados, embora útil, não é infalível, e a reidentificação permanece um risco. Tecnologias emergentes como o blockchain oferecem soluções promissoras para esses desafios, proporcionando um armazenamento descentralizado e seguro, bem como a gestão eficaz do acesso aos dados através de *smart contracts*. Com a evolução contínua da IoT, espera-se que sua integração traga ainda mais benefícios e transformações para o setor varejista.

3.2.4. Blockchain

Bitcoin é atualmente um termo amplamente conhecido. A tecnologia blockchain, que sustenta essa moeda digital, permite uma abordagem inovadora para transações financeiras. Enquanto a maioria das transações monetárias hoje requer intermediários, as criptomoe- das⁶ viabilizam operações sem a necessidade desses terceiros [Parentoni et al. 2021].

Em uma transação financeira convencional, um banco garante a transmissão ao destinatário e documenta que o pagamento foi realizado. O Bitcoin altera esse conceito ao validar transações de maneira descentralizada, com a verificação feita por todas as partes envolvidas na blockchain [ibid.]. Dessa forma, as transações tornam-se transparentes e rastreáveis por todas as partes interessadas, proporcionando maior confiança e segurança.

Simplificadamente, a blockchain consiste em uma cadeia de blocos. Cada bloco contém três informações principais: os dados essenciais, que variam conforme a block- chain; no caso do Bitcoin, incluem o destinatário, o remetente e a quantidade transferida [ibid.]. Em segundo lugar, está o *hash*, uma sequência única de letras e números atribuída a cada bloco [ibid.]. Qualquer tentativa de manipulação das informações de um bloco resulta na alteração imediata do *hash*, tornando a manipulação visível [ibid.]. Cada bloco também contém o *hash* do bloco anterior, garantindo a integridade da cadeia [ibid.].

Uma das características mais relevantes da blockchain é a sua natureza descen- tralizada. A tecnologia blockchain é, em essência, uma base de dados distribuída, man- tida por uma rede de computadores conectados em uma arquitetura *peer-to-peer* (P2P) [IBM 2024]. Cada computador, ou nó, armazena uma cópia da blockchain, garantindo que as informações sejam seguras e sincronizadas, prevenindo fraudes [ibid.].

Uma extensão das capacidades do Bitcoin são os chamados *smart contracts*⁷. Es- ses contratos inteligentes permitem que programas inteiros sejam armazenados na block- chain em vez de apenas remetente, destinatário e quantidade [Parentoni et al. 2021]. Os *smart contracts* podem ser aplicados em diversas áreas, como seguros, transações finan- ceiras e cadeias de suprimentos, permitindo a execução automática de acordos quando certas condições são atendidas [IBM 2024]. A blockchain pode também aprimorar a In- ternet das Coisas, permitindo registros automatizados e seguros de pedidos por meio de *smart contracts* [Parentoni et al. 2021].

Uma aplicação crucial no varejo é a cadeia de suprimentos, onde a blockchain proporciona uma transparência completa. Por exemplo, um varejista de eletrônicos pode verificar onde e sob quais condições de trabalho seus produtos foram fabricados, resol- vendo questões de sustentabilidade. Durante o transporte, a blockchain pode monitorar dados de medição, assinaturas de transportadores e dispositivos de medição, segmentos de transporte e carimbos de hora, documentados em um passaporte digital do bem respec- tivo [Rao 2019]. Se algum valor medido se desviar dos padrões estabelecidos, a entrega pode ser automaticamente cancelada via *smart contract*; caso contrário, o pagamento é transferido automaticamente na chegada da mercadoria [ibid.].

⁶Uma criptomoeda é um meio de pagamento digital baseado em um sistema blockchain. [Parentoni et al. 2021]

⁷*Smart contracts* são programas na blockchain que funcionam com base na lógica *if-then*, de modo que quando um evento predefinido (o chamado *trigger*) ocorre, uma ação de antemão definida (por exemplo, uma transação) é executada automaticamente. [Parentoni et al. 2021]

A implementação de passaportes digitais baseados em blockchain pode ainda mitigar os problemas de confiança e eficiência no gerenciamento da cadeia de suprimentos. Esses passaportes são verificados por auditores terceirizados respeitáveis, como Dunn & Bradstreet e Ecovadis, e são independentes de redes de negócios específicas, como Ariba e IBM Sterling Supply Chain Business Network [ibid.]. Isso não só reduz o tempo necessário para o processo de integração dos fornecedores, mas também melhora a conformidade e reduz riscos, proporcionando uma vantagem estratégica significativa. A solução “Trust Your Supplier”, lançada pela IBM em colaboração com Chainyard, exemplifica essa abordagem, integrando dados de múltiplos verificadores e facilitando a gestão contínua dos fornecedores [ibid.].

O Walmart iniciou um projeto para monitorar alimentos como mangas do México e carnes da China, visando responder rapidamente em caso de contaminação [Kamath 2018]. Durante o transporte, os sensores de temperatura registraram as condições da carne, notificando automaticamente as partes competentes em caso de violação dos padrões de temperatura [ibid.]. A blockchain permitiu rastrear a origem das mangas, reduzindo o tempo de rastreamento de sete dias para apenas 2,2 segundos, promovendo maior transparência em toda a cadeia de suprimentos alimentares do Walmart [ibid.]. Este nível de rastreabilidade não apenas melhora a segurança alimentar, mas também fortalece a confiança dos consumidores nos produtos que consomem.

No setor alimentício, a Majid Al Futtaim, operadora da franquia Carrefour no Oriente Médio, África e Ásia, adotou a tecnologia blockchain da IBM para melhorar a rastreabilidade dos alimentos vendidos em suas lojas [Desouky 2021]. A iniciativa, que começou com frango fresco e microverdes, oferece aos consumidores acesso a informações detalhadas sobre a origem e o processamento dos produtos, promovendo maior qualidade, credibilidade e segurança [ibid.]. Os consumidores podem usar seus smartphones para escanear um QR code nos produtos e obter dados sobre o processo de produção, certificações de halal e higiene, data de nascimento, informações nutricionais e dados de temperatura [ibid.]. Essa transparência não só aumenta a confiança dos consumidores, mas também melhora a eficiência operacional da cadeia de suprimentos.

Complementando essa iniciativa, a tecnologia blockchain também está sendo aplicada de maneira mais ampla para garantir a conformidade com os padrões de halal na produção de carne. A startup iov42, em parceria com a Prime UK, desenvolveu uma plataforma de compartilhamento de dados que fornece registros seguros de conformidade com os padrões halal, frequentemente violados por produtos fraudulentos [Macaulay 2023]. Esse sistema rastreia a produção desde a fazenda até a mesa, promovendo a transparência e a imparcialidade no mercado halal [ibid.]. A combinação dessas iniciativas no setor alimentício demonstra o potencial da blockchain para melhorar a rastreabilidade e a segurança dos alimentos, atendendo às crescentes demandas dos consumidores por produtos de alta qualidade e conformidade ética.

Outro exemplo significativo é o uso da blockchain na indústria do vinho através da plataforma VinAssure [IBM 2020]. Desenvolvida pela IBM em colaboração com a eProvenance, a VinAssure visa garantir a qualidade e segurança do vinho, melhorando a eficiência da cadeia de suprimentos e a reputação das marcas [ibid.]. A plataforma permite que todas as informações relevantes sobre a produção e o transporte do vinho sejam registradas e verificadas, assegurando que o produto final atenda aos padrões esperados pelos

consumidores. Com a blockchain, os produtores podem garantir que o vinho vendido na Europa seja o mesmo que chega aos consumidores nos Estados Unidos, preservando a integridade do produto e evitando danos à marca causados por variações de qualidade [ibid.].

Na indústria de mineração de terras raras, a RCS Global Group, em parceria com a IBM, desenvolveu a Responsible Sourcing Blockchain Network (RSBN) para rastrear a produção de cobalto desde a extração na República Democrática do Congo até a fabricação de baterias e produtos eletrônicos [IBM 2021]. Essa iniciativa proporciona uma visibilidade completa da cadeia de suprimentos, assegurando práticas responsáveis e conformidade com padrões internacionais. A blockchain não só melhora a eficiência na gestão de riscos, mas também promove a sustentabilidade e a responsabilidade social, aspectos cada vez mais valorizados pelos consumidores e reguladores. A RCS Global aplica padrões definidos por organizações governamentais internacionais, como a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), garantindo a conformidade em cada etapa da cadeia de suprimentos [ibid.].

A indústria da moda também está explorando os benefícios da blockchain para promover a sustentabilidade. A Covalent, uma marca de moda da Newlight Technologies, utiliza a tecnologia blockchain da IBM para rastrear a pegada de carbono de seus produtos baseados em AirCarbon, um biomaterial sustentável [Colucci 2021]. Cada produto recebe um número exclusivo que permite aos consumidores verificar todas as etapas da produção, desde a criação do material até a entrega do produto final, proporcionando um nível de transparência e responsabilidade ambiental inédito na indústria.

A tecnologia blockchain também pode ser aplicada na compra e no planejamento. Clientes podem ser envolvidos nas decisões de planejamento, permitindo a compra de ações de produtos baseadas em blockchain. Isso traz duas vantagens principais: os varejistas podem avaliar melhor a demanda por produtos e os clientes ficam mais satisfeitos com a oferta, reduzindo a probabilidade de esgotamento rápido dos produtos. Além disso, ciclos de desenvolvimento de produtos podem ser mais curtos e as rotas de transporte mais eficientes, minimizando o transporte de produtos não desejados pelos clientes [Langer 2018].

Outrossim, a tecnologia blockchain pode revolucionar os programas de fidelidade dos clientes. Nos Estados Unidos, mais de 117 bilhões de dólares em recompensas de fidelidade são emitidos anualmente, muitas vezes envolvendo múltiplas marcas para aumentar a satisfação do cliente enquanto reduzem a responsabilidade financeira das empresas [ibid.]. No entanto, muitos consumidores têm dificuldades em gerenciar os diversos programas de fidelidade nos quais estão inscritos, resultando em pontos não utilizados e aumento das responsabilidades contábeis das empresas [ibid.]. A implementação de uma aplicação de blockchain permitiria aos usuários resgatar pontos facilmente através de diferentes comerciantes e plataformas, melhorando a satisfação do cliente e reduzindo os passivos, além de diminuir os custos operacionais e o potencial de fraude.

Startups como a GATCoin têm popularizado o conceito de programas de fidelidade baseados em blockchain, onde os pontos de fidelidade têm valor monetário real, variando conforme a popularidade [Cointelegraph 2017]. Isso pode aumentar significativamente a popularidade do comerciante e motivar os clientes a coletar *tokens* que podem

ser trocados imediatamente por valor monetário. A GATCoin utiliza essa tecnologia para oferecer uma plataforma abrangente de tokens utilitários, incluindo diferentes tipos de tokens: Cash Tokens (usados como dinheiro pré-pago para compras de produtos e serviços), Discount Tokens (usados como descontos para subsidiar o preço regular de produtos e serviços), Loyalty Tokens (substituindo pontos de fidelidade para resgatar recompensas), Gift Tokens (usados como vales-presente para enviar a amigos e familiares) e Travel Tokens (usados como moeda portátil para gastar globalmente em lojas da rede) [ibid.].

Além disso, a GATCoin está combinando a tecnologia blockchain com tecnologia de segmentação móvel, introduzindo a A-Drop™ [ibid.]. Essa tecnologia permite que os comerciantes alcancem consumidores próximos em tempo real, enviando pontos de fidelidade diretamente para seus dispositivos móveis [ibid.]. Isso incentiva o compartilhamento em redes sociais e aumenta a visibilidade dos comerciantes. No Japão, a SK Planet planejou implementar a plataforma GATCOIN em 60.000 pontos de venda, permitindo que consumidores troquem tokens de vários comerciantes e ganhem pontos de fidelidade gratuitamente [ibid.].

Esse uso inovador da blockchain em programas de fidelidade não só melhora a retenção e a satisfação dos clientes, mas também proporciona aos comerciantes dados valiosos sobre a circulação de tokens, preferências de gastos dos consumidores e demografia dos clientes. Com esses dados, os comerciantes podem se envolver diretamente com um público-alvo mais relevante, oferecendo promoções e recompensas que alinham com os interesses e preferências dos consumidores, resultando em uma experiência mais personalizada e eficiente.

Por um lado, as aplicações de blockchain oferecem uma ampla gama de benefícios para empresas comerciais e clientes. Por outro lado, essas inovações ainda não são amplamente adotadas. As implementações atuais requerem tempo para desenvolvimento tecnológico e estabelecimento de estruturas legais, tanto em nível internacional quanto nacional [Parentoni et al. 2021].

A tecnologia blockchain, embora promissora, enfrenta desafios significativos em termos de adoção e regulamentação. Desde o lançamento do Bitcoin em 2008, a tecnologia tem sido aplicada em diversos setores, mas a complexidade técnica e a necessidade de entendimento claro sobre suas funcionalidades e limitações ainda são barreiras importantes [ibid.]. Muitos trabalhos acadêmicos e artigos técnicos tentam esclarecer a tecnologia, mas frequentemente acabam reproduzindo conceitos de forma inadequada, o que dificulta a assimilação correta do tema.

Um dos desafios principais é a descentralização da blockchain, que envolve a manutenção de uma rede distribuída sem uma autoridade central controladora. Isso garante a segurança e confiabilidade dos dados, mas também cria dificuldades na implementação de padrões uniformes e na conformidade com regulamentações legais [ibid.]. Além disso, a blockchain é frequentemente associada apenas ao Bitcoin, o que limita a compreensão de suas múltiplas aplicações em outras áreas [ibid.].

Para superar esses desafios, é necessário desenvolver e aplicar uma variedade de tecnologias, incluindo redes P2P, chaves públicas e privadas de criptografia e mecanismos de consenso. A descentralização da blockchain permite que cada nó da rede armazene as mesmas informações, o que aumenta a segurança e a resistência a fraudes, mas também

requer um alto nível de coordenação e confiança entre os participantes da rede [ibid.].

Além disso, a tecnologia blockchain é percebida como uma solução inovadora para problemas de confiança e transparência em diversas indústrias. Ainda assim, a implementação efetiva dessa tecnologia exige tempo para desenvolver a infraestrutura técnica necessária e para estabelecer um quadro legal adequado que possa lidar com as nuances e desafios específicos da blockchain [ibid.].

Em síntese, a tecnologia blockchain se destaca como uma inovação transformadora com aplicação em diversos setores. Desde a sua capacidade de validar transações financeiras de maneira descentralizada com o Bitcoin, até a implementação de *smart contracts* que automatizam e garantem acordos sem intermediários, a blockchain oferece segurança e transparência sem precedentes. No varejo, a blockchain aumenta a rastreabilidade e a sustentabilidade das cadeias de suprimentos, como exemplificado pelos projetos da IBM com Walmart e Carrefour. Na indústria alimentícia, garante a conformidade com padrões como os de halal, enquanto na produção de vinhos e mineração de terras raras assegura a qualidade e a origem ética dos produtos. Além disso, a tecnologia está revolucionando programas de fidelidade ao permitir a troca e gestão de pontos de forma eficiente e segura. Entretanto, para que a blockchain realize todo seu potencial, é essencial superar desafios técnicos e regulamentares significativos. O desenvolvimento de infraestruturas robustas e o estabelecimento de um quadro legal adequado são passos fundamentais para a adoção ampla e eficaz desta tecnologia. As vantagens já demonstradas pela blockchain indicam um futuro promissor, com melhorias contínuas em confiança, transparência e eficiência em várias indústrias, incluindo o varejo.

4. Conclusão

A partir da motivação descrita no início, surgiu a questão de pesquisa: “Como as aplicações de TI são utilizadas no varejo e em que medida elas contribuem para o cumprimento dos objetivos de sustentabilidade?”. Para responder a essa questão, primeiramente foram considerados os fundamentos e as definições de sustentabilidade e comércio.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU para 2030 servem como uma referência global. Esses objetivos incluem a erradicação da pobreza, a eliminação da fome, o acesso à educação de qualidade, o crescimento econômico sustentável, a inovação, a igualdade de gênero, o acesso ao saneamento, à energia limpa e barata, e à assistência médica para todos. Esses objetivos foram usados como base para analisar como as aplicações de TI podem contribuir para um varejo mais sustentável.

Foram então apresentados os desafios no varejo, considerando três subáreas de comércio como exemplos. Os varejistas de eletrônicos de consumo enfrentam más condições de trabalho na cadeia de suprimentos, um problema significativo que afeta tanto a sustentabilidade quanto a ética das operações. A reciclagem de aparelhos eletrônicos antigos também representa um desafio considerável, pois a diversidade de produtos disponíveis no mercado impacta a sustentabilidade devido às variações na eficiência energética dos dispositivos. No comércio de alimentos, a seleção de produtos é um problema crucial, uma vez que muitos produtos não são produzidos de maneira ecologicamente sustentável. A produção de óleo de palma, por exemplo, resulta no desmatamento de grandes áreas de floresta tropical, causando graves danos ambientais. Além da produção, a logística e a área de vendas no comércio de alimentos apresentam desafios

adicionais em termos de sustentabilidade, como a necessidade de transporte eficiente e armazenamento adequado para minimizar desperdícios e emissões.

No varejo de moda, o cultivo de algodão envolve várias etapas de produção nocivas ao meio ambiente, que devem ser combatidas para garantir práticas sustentáveis. Embora as aplicações de TI sejam utilizadas para otimizar o comércio, elas também apresentam desvantagens, como o consumo de recursos para expandir a infraestrutura e produzir hardware. Além disso, o consumo de energia aumenta à medida que o número de dispositivos cresce. As condições de fabricação do hardware e a perda de empregos a longo prazo devido à automação não são sustentáveis do ponto de vista social.

Para tornar uma empresa mais sustentável, foram consideradas quatro estratégias diferentes, divididas de acordo com o foco competitivo e a vantagem competitiva. Essas estratégias incluem a otimização de processos e recursos, a garantia de processos, o posicionamento de produtos sustentáveis e a otimização de custos de maneira inovadora. A aplicação dessas estratégias em diferentes tipos de comércio, tanto online quanto offline, foi explorada, apresentando diferentes modalidades de comércio para uma melhor compreensão: varejo offline, com ênfase no varejo estacionário, e varejo online, dividido em comércio online puro, comércio multicanal, comércio online híbrido, comércio online cooperativo e comércio online vertical. O comércio móvel também foi destacado como um canal comercial especial. Dos 149 milhões de usuários de internet no Brasil, 139 milhões são móveis, e os brasileiros baixaram mais de 7,3 bilhões de aplicativos em 2018, classificando o país entre os quatro primeiros no mundo nesse quesito [Henriques 2020].

Posteriormente, foram descritos os fatores essenciais para um modelo de negócios sustentável, abrangendo componentes sociais, econômicos e ecológicos. A Tecnologia da Informação (TI) estabelece a base para diversas melhorias na sustentabilidade. Na seção seguinte, foram apresentadas aplicações concretas, distinguindo entre soluções orientadas para o cliente e soluções orientadas para a empresa.

Soluções orientadas para o cliente incluem aplicativos como CodeCheck, Think Dirty e Conecta PariPassu, que aumentam a transparência para os consumidores, facilitando escolhas mais sustentáveis. Outra abordagem é o uso de plataformas de bens de segunda mão e plataformas de compartilhamento, que incentivam a reutilização de produtos, evitando novas compras.

Por outro lado, as soluções orientadas para empresas têm como principal objetivo otimizar processos operacionais. A Inteligência Artificial (IA) destaca-se como uma tecnologia de grande potencial, melhorando operações de compra, cadeias de suprimentos e precificação. Tecnologias prontas para uso, como o recibo digital e os *virtual fittings*, já estão disponíveis e prometem reduzir o desperdício de papel e as devoluções de mercadorias, respectivamente.

Uma IA mais avançada oferecerá benefícios adicionais no futuro, como processos mais eficientes dentro de armazéns, entregas automatizadas aos clientes e análises detalhadas das ações dos consumidores. A Internet das Coisas (IoT) também proporciona aplicações potenciais para aumentar a sustentabilidade. Além disso, a tecnologia blockchain, que ainda não foi amplamente testada na prática, promete estabelecer novos padrões na área de *Customer Journey* e no monitoramento da cadeia de suprimentos.

É inegável que as aplicações de TI no varejo trazem vantagens significativas para

a sustentabilidade, principalmente ao promover a redução de custos e a criação de vantagens competitivas. Contudo, muitas vezes essas melhorias não resultam diretamente em avanços na sustentabilidade, mas indicam até que ponto um processo pode ser otimizado. Em empresas de varejo, o foco das aplicações de TI é predominantemente na eficiência econômica, o que pode limitar a adoção de medidas sustentáveis devido aos custos mais elevados que podem comprometer a competitividade. Somente quando a sustentabilidade não traz desvantagens econômicas é que uma empresa pode realmente se concentrar nela. Um fator relevante é a infraestrutura digital ainda subdesenvolvida no Brasil, onde subsídios poderiam ser um meio eficaz para facilitar a transição das empresas para práticas mais sustentáveis. As aplicações de TI discutidas neste trabalho demonstram claras vantagens ecológicas, mas abordam pouco os impactos sociais. A longo prazo, a automação promovida por essas tecnologias pode substituir trabalhadores humanos, ocasionando problemas sociais como a perda de interação social e de meios de subsistência.

Para os clientes, a TI no varejo oferece principalmente uma vantagem na obtenção de informações e possibilita maior transparência. Isso permite ao cliente identificar mais facilmente produtos sustentáveis, embora a decisão de compra final seja do consumidor. Assim, uma aplicação de TI que promova a transparência pode ter um efeito coadjuvante, mas não necessariamente leva a um aumento da sustentabilidade. Em particular, o varejo online apresenta o risco de comprometer a sustentabilidade obtida por meio de TI devido à conveniência e às ofertas que incentivam um consumo geral mais elevado. Além disso, o avanço do comércio online está deslocando comerciantes locais, o que também é problemático do ponto de vista social, pois afeta as economias locais e reduz o contato social.

De uma perspectiva geral, atualmente existem poucas bases empíricas sobre como, com exatidão, a TI impacta positiva ou negativamente a sustentabilidade. Na atualidade, as aplicações de TI discutidas neste trabalho beneficiam majoritariamente pessoas em países industrializados, com maiores dificuldades em promover diretamente melhores condições de vida em países emergentes. Conforme visto nas seções anteriores sobre tendências de tecnologias emergentes implantadas atualmente nos varejos, essas inovações ocorrem principalmente em países desenvolvidos, onde as empresas estão mais cientes e dispostas a inovar, mesmo sem necessariamente obter resultados positivos de modo imediato.

Para países em desenvolvimento, como o Brasil, além das questões tecnológicas e operacionais abordadas, é crucial considerar as limitações específicas relacionadas ao contexto do varejo brasileiro. As empresas brasileiras frequentemente enfrentam desafios significativos na implementação de tecnologias emergentes devido à falta de preparo e conhecimento técnico. A infraestrutura digital subdesenvolvida é um obstáculo adicional, que limita a adoção eficaz dessas tecnologias. A elevada rotatividade de profissionais de TI e a escassez de talentos especializados são problemas culturais e estruturais que impactam negativamente a capacidade das empresas de implementar e sustentar inovações tecnológicas. Adicionalmente, a resistência à mudança e a falta de incentivo para a capacitação contínua dos funcionários são barreiras que devem ser superadas para que as tecnologias emergentes possam realmente transformar o setor varejista no Brasil.

Recentemente, um estudo da McKinsey destaca que a transformação digital no varejo requer uma mudança radical na função de TI das empresas [Bick et al. 2022].

Este estudo sublinha a importância de uma arquitetura tecnológica moderna e um modelo operacional eficiente. No Brasil, algumas iniciativas já mostram resultados promissores, como a transição de uma grande empresa de varejo de uma arquitetura monolítica para uma arquitetura modular baseada em microserviços, o que resultou em um crescimento impressionante no valor das ações em mais de 18.000% ao longo de quatro anos [ibid.].

Além disso, o Brasil está emergindo como um hub de inovação em IA, com o governo investindo em uma rede de oito laboratórios de pesquisa e desenvolvimento focados em IA. Esses esforços visam fortalecer a capacidade do país de competir na arena global de tecnologia, promovendo a criação de ferramentas para resolver problemas locais e melhorar a qualidade de vida [Henriques 2020]. A criação desses laboratórios representa um passo significativo para superar o déficit de habilidades técnicas e impulsionar a adoção de tecnologias emergentes no varejo e outros setores. O estudo conduzido pelo VentureBeat revela que o Brasil está se destacando na contratação de profissionais de IA, ficando entre os cinco países com o crescimento mais rápido em contratações na área nos últimos quatro anos [ibid.].

Outro ponto relevante é a estratégia digital do Brasil, que visa transformar a economia por meio da digitalização. O relatório da OCDE destaca que a estratégia digital brasileira, chamada E-Digital, aborda diversas áreas cruciais como a infraestrutura de comunicação, a segurança digital, a educação e as habilidades digitais [OECD 2020]. Essas iniciativas são fundamentais para melhorar a competitividade do setor varejista e garantir que o país esteja preparado para as demandas de um mercado digital em constante evolução.

Esses estudos e iniciativas demonstram que, embora o Brasil enfrente desafios significativos, há esforços concretos e promissores em andamento para superar essas barreiras. A adoção de tecnologias emergentes no varejo brasileiro pode ser viabilizada por meio de investimentos estratégicos, modernização da infraestrutura tecnológica e capacitação contínua dos profissionais. Essas ações não apenas aumentam a competitividade do setor, mas também promovem um crescimento sustentável e inclusivo, alinhado com as demandas contemporâneas de um mercado cada vez mais digital e interconectado.

Sobretudo, vale também ressaltar o perigo do *greenwashing*, em que as empresas podem tentar falsificar práticas sustentáveis, enquanto as vantagens econômicas são a principal motivação. Esse problema pode ocorrer tanto em países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento, afetando a verdadeira eficácia das iniciativas de sustentabilidade.

Portanto, as discussões apresentadas ao longo deste trabalho destacam que, embora as tecnologias de TI possuam um potencial significativo para promover a sustentabilidade no setor varejista, é necessário um balanço crítico entre os benefícios e desafios. As empresas precisam adotar uma abordagem holística que integre soluções de TI de maneira a favorecer tanto os objetivos econômicos quanto os de sustentabilidade. É essencial considerar as repercussões sociais e ambientais das inovações tecnológicas para garantir que os avanços não se limitem à eficiência econômica, mas também contribuam para um desenvolvimento sustentável e inclusivo. As iniciativas em andamento no Brasil, como a modernização da infraestrutura digital, o investimento em IA e a estratégia digital E-Digital, são passos promissores, mas ainda há muito a ser feito para superar as barreiras

estruturais e culturais que limitam a adoção de tecnologias emergentes. A transformação do setor varejista brasileiro depende de uma implementação estratégica e consciente dessas tecnologias, levando em conta as particularidades e limitações do contexto nacional. Somente com uma visão integrada e esforços coordenados será possível alcançar um varejo verdadeiramente sustentável, que beneficie não apenas as empresas, mas também a sociedade e o meio ambiente como um todo.

Referências

- Alumniportal (2017). The problem with palm oil. <https://web.archive.org/web/20220623050522/https://www.alumniportal-deutschland.org/en/global-goals/sdg-12-consumption/palm-oil-rainforest-indonesia/>. [Online: acesso em 17-Setembro-2023].
- Anaplan (2021). Anaplan for supply chain forecasting. <https://www.anaplan.com/use-case/statistical-supply-chain-forecasting-software/>. [Online: acesso em 08-Abril-2024].
- Anybill (2024). A digital receipt for every payment. <https://anybill.de/en>. [Online: acesso em 18-Abril-2024].
- Aparecida Alessio, M., Silveira Araujo, A., Dornbusch Lopes, L., and Neide, K. S. (2014). Algodão orgânico na produção sustentável. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=514051623009>. [Online; acessado em 17-Setembro-2023].
- Asher, C. (2022). Climate-positive, high-tech metals are polluting earth, but solutions await. <https://news.mongabay.com/2022/03/climate-positive-high-tech-metals-are-polluting-earth-but-solutions-await/>. [Online: acesso em 06-Abril-2024].
- Bailey, S. (2020). E-commerce and stationary trade – omnichannel commerce for the perfect customer journey. <https://www.linkedin.com/pulse/e-commerce-stationary-trade-omnichannel-commerce-perfect-bailey>. [Online: acesso em 10-Abril-2024].
- Bernardes, J. (2022). Valiosas e versáteis: pesquisas com terras raras mostram caminho para criar cadeia produtiva no brasil. <https://jornal.usp.br/ciencias/valiosas-e-versateis-pesquisas-com-terras-raras-mostram-caminho-para-criar-cadeia-produtiva-no-brasil/>. [Online: acesso em 17-Setembro-2023].
- Bhattacharai, A. (2017). Walmart is asking employees to deliver packages on their way home from work. <https://www.washingtonpost.com/news/business/wp/2017/06/01/walmart-is-asking-employees-to-deliver-packages-on-their-way-home-from-work/>. [Online: acesso em 22-Abril-2024].
- Bick, R., Bout, S., Frick, F., Keutel, M., and Skinner, V. (2022). The tech transformation imperative in retail. <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/the-tech-transformation-imperative-in-retail>. [Online: acesso em 26-Maio-2024].
- Bishop, T. (2016). How ‘amazon go’ works: The technology behind the online retailer’s groundbreaking new grocery store. <https://www.geekwire.com/2016/amazon-go-works-technology-behind-online-retailers-groundbreaking-new-grocery-store/>. [Online: acesso em 11-Maio-2024].

- Bryson, T. (2019). Desktop computers. <https://www.ethicalconsumer.org/technology/shopping-guide/desktop-computers>. [Online: acesso em 26-Setembro-2023].
- Buest, R. (2018). Digitization: It's an evolution and not a transformation. <https://analystpov.com/strategy/digitization-its-an-evolution-and-not-a-transformation-25954>. [Online: acesso em 06-Abril-2024].
- Cambazoglu, N. (2014). The internet of things at home: Sensors to find your missing keys. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Internet-of-Things-at-Home-%3A-Sensors-to-Find-Cambazoglu/a896f410642f5e3d631aab6b48d46efc3204fbbf>. [Online: acesso em 10-Maio-2024].
- Ceci, L. (2023). Mobile internet usage worldwide - statistics facts. <https://www.statista.com/topics/779/mobile-internet/>. [Online: acesso em 11-Outubro-2023].
- CodeCheck (2024). Shop better live better. <https://codecheck-app.com/>. [Online: acesso em 06-Abril-2024].
- Cointelegraph (2017). This new startup uses blockchain technology to offer discounts and promotions. <https://thenextweb.com/news/this-new-startup-uses-blockchain-technology-to-offer-discounts>. [Online: acesso em 16-Maio-2024].
- Colucci, A. (2021). Covalent taps ibm blockchain to help track the carbon impact of its aircarbon®-based fashion goods. <https://newsroom.ibm.com/2021-01-13-Covalent-Taps-IBM-Blockchain-to-Help-Track-the-Carbon-Impact-of-its-AirCarbon-based-Fashion-Goods>. [Online: acesso em 14-Maio-2024].
- Conecta (2024). Rastreador paripassu. <https://www.paripassu.com.br/rastreabilidade-e-recall>. [Online: acesso em 06-Abril-2024].
- Dastbaz, M., Pattinson, C., and Akhgar, B. (2015). Green information technology: A sustainable approach. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-00029-9>. [Online: acesso em 26-Setembro-2023].
- de Ferrer, M. (2020). The climate app: Harnessing peer pressure to save the planet. <https://www.euronews.com/green/2020/08/17/the-climate-app-harnessing-peer-pressure-to-save-the-planet>. [Online: acesso em 08-Abril-2024].
- Desouky, L. E. (2021). Majid al futtaim taps ibm food trust to deliver food traceability across carrefour stores using blockchain technology. <https://newsroom.ibm.com/2021-02-22-Majid-Al-Futtaim-Taps-IBM-Food-Trust-to-Deliver-Food-Traceability-Across-Carrefour-Stores-Using-Blockchain-Technology>. [Online: acesso em 13-Maio-2024].

- Elytus (2021). E-waste its negative effects on the environment. <https://elytus.com/blog/e-waste-and-its-negative-effects-on-the-environment.html>. [Online: acesso em 26-Setembro-2023].
- Engelage, E., Borgert, A., and de Souza, M. A. (2016). Práticas de green logistic: Uma abordagem teórica sobre o tema. https://www.researchgate.net/publication/315508592_Praticas_de_Green_Logistic_Uma_Abordagem_Teorica_sobre_o_Tema. [Online: acesso em 08-Abril-2024].
- Estevez, E. and Perez, Y. (2022). Weak ai (artificial intelligence): Examples and limitations. <https://www.investopedia.com/terms/w/weak-ai.asp>. [Online: acesso em 20-Abril-2024].
- Eurostat (2023). Africa-eu - international trade in goods statistics. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Africa-EU_-_international_trade_in_goods_statistics. [Online: acesso em 26-Setembro-2023].
- Ferreira, K. J., Lee, B. H. A., and Simchi-levi, D. (2015). Analytics for an online retailer: Demand forecasting and price optimization. https://www.researchgate.net/publication/283817399_Analytics_for_an_Online_Retailer_Demand_Forecasting_and_Price_Optimization. [Online: acesso em 19-Abril-2024].
- Firouzi, F., Chakrabarty, K., and Nassif, S. (2020). Intelligent internet of things. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-30367-9>. [Online: acesso em 10-Maio-2024].
- Forbes (2011). Best buy makes an effort at csr transparency. <https://www.forbes.com/sites/csr/2011/08/01/best-buy-makes-an-effort-at-csr-transparency/?sh=314f1f5f765f>. [Online: acesso em 17-Setembro-2023].
- Fortune (2023). Top 10 of the fortune global 500. <https://fortune.com/global500/>. [Online: acesso em 17-Setembro-2023].
- Fukushima, S. (2023). O futuro dos supermercados é automatizado: o impacto de soluções ip na experiência de compra. <https://www.ecommercebrasil.com.br/artigos/o-futuro-dos-supermercados-e-automatizado-o-impacto-de-solucoes-ip-na-experiencia-de-compra>. [Online: acesso em 10-Maio-2024].
- Goto, K. and Arai, Y. (2017). More and better jobs through socially responsible labour and business practices in the electronics sector of viet nam. https://www.ilo.org/hanoi/Whatwedo/Publications/WCMS_617068. [Online: acesso em 17-Setembro-2023].
- Grimm, J. H., Kriener, K., and Berg, C. (2011). Sustainability in the retail industry: Stakeholders - challenges - transformation strategies. https://www.researchgate.net/publication/228016423_Sustainability_in_the_Retail_Industry_Stakeholders_a_Challenges_a_Transformation_Strategies. [Online: acesso em 13-Setembro-2023].

- Harris-Burland, H. (2021). Starship technologies launches testing program for self-driving delivery robots with major industry partners. https://www.starship.xyz/press_releases/starship-technologies-launches-testing-program-for-self-driving-delivery-robots-with-major-industry-partners/#:~:text=Starship%20Technologies%20is%20building%20a,over%20control%20at%20any%20time. [Online: acesso em 22-Abril-2024].
- Hashemi-Pour, C. and Lutkevich, B. (2023). e-commerce. <https://www.techtarget.com/searchcio/definition/e-commerce>. [Online: acesso em 06-Abril-2024].
- Heater, B. (2017). Walmart is rolling out shelf-scanning robots in stores, but says they won't replace people. <https://techcrunch.com/2017/10/27/walmart-is-rolling-out-shelf-scanning-robots-in-stores-but-says-they-wont-replace-people/>. [Online: acesso em 24-Abril-2024].
- Heinemann, G. (2023). The new online trade: Business models, business systems and benchmarks in e-commerce. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-40757-5>. [Online: acesso em 10-Outubro-2023].
- Heinemann, G. and Schwarzl, C. (2010). New online retailing: Innovation and transformation. <https://doi.org/10.1007/978-3-8349-6378-9>. [Online: acesso em 17-Setembro-2023].
- Henriques, B. (2020). Brazil is emerging as a world-class ai innovation hub. <https://venturebeat.com/business/brazil-is-emerging-as-a-world-class-ai-innovation-hub/>. [Online: acesso em 26-Maio-2024].
- Hern, A. (2016). Amazon claims first successful prime air drone delivery. <https://www.theguardian.com/technology/2016/dec/14/amazon-claims-first-successful-prime-air-drone-delivery>. [Online: acesso em 22-Abril-2024].
- Howes, O. (2023). Best and worst places to shop second hand online. <https://www.which.co.uk/reviews/shopping-sustainably/article/second-hand-shopping-online/best-and-worst-places-to-shop-second-hand-online-aq4XN0M2mb4B>. [Online: acesso em 06-Abril-2024].
- IBM (2020). eprovenance + ibm: Preserving the quality and integrity of wine with blockchain. https://mediacenter.ibm.com/id/1_jkh2oisx. [Online: acesso em 14-Maio-2024].
- IBM (2021). Sourcing minerals responsibly with blockchain technology. <https://www.ibm.com/case-studies/rcs-global-blockchain>. [Online: acesso em 14-Maio-2024].
- IBM (2024). What is blockchain? <https://www.ibm.com/topics/blockchain>. [Online: acesso em 13-Maio-2024].

- ICAC (2020). Organic cotton argument. <https://www.icac.org/Forum/Details?Id=EAAAANVvLtof7Rouzi5fkmzwa3d91jxQTPTVNGIYFH8nxU6N>. [Online: acesso em 17-Setembro-2023].
- Intel (2022). Artificial intelligence in retail. <https://www.intel.com/content/www/us/en/retail/solutions/ai-in-retail.html>. [Online: acesso em 10-Abril-2024].
- Jones, C. (2023). Amazon unveils plan to deliver packages by drone in uk and italy. <https://www.theguardian.com/technology/2023/oct/18/amazon-drone-delivery-uk-italy>. [Online: acesso em 22-Abril-2024].
- Jones, E. C. and Chung, C. A. (2016). Rfid and auto-id in planning and logistics. https://books.google.com.br/books?id=ggVmaS4H_88C. [Online: acesso em 12-Maio-2024].
- Kamath, R. (2018). Food traceability on blockchain: Walmart's pork and mango pilots with ibm. https://www.researchgate.net/publication/326188675_Food_Traceability_on_Blockchain_Walmart%27s_Pork_and_Mango_Pilots_with_IBM. [Online: acesso em 13-Maio-2024].
- Kareem, O. I. (2019). Beyond chicken parts: What inhibits africa's agricultural products in competition. https://www.researchgate.net/publication/338282164_Beyond_chicken_parts_What_inhibits_Africa%27s_agricultural_products_in_competition. [Online: acesso em 17-Setembro-2023].
- Kristoff, M. (2019). Yourforest. <https://music.amazon.com.br/podcasts/88b2dedd-f0cb-4eac-806f-a147627a951a/yourforest>. [Online: acesso em 08-Abril-2024].
- Langer, L. (2018). Blockchain technology is poised to fundamentally change the retail industry. <https://www.linkedin.com/pulse/blockchain-technology-poised-fundamentally-change-retail-liron-langer>. [Online: acesso em 16-Maio-2024].
- Lavado, T. (2019). Sp ganha minimercado totalmente automatizado: veja como funciona. <https://g1.globo.com/economia/tecnologia/noticia/2019/03/30/sp-ganha-minimercado-totalmente-automatizado-veja-como-funciona.ghtml>. [Online: acesso em 10-Maio-2024].
- López-Nicolás, C., Ruiz-Nicolás, J., and Mateo-Ortuño, E. (2021). Towards sustainable innovative business models. <https://doi.org/10.3390/su13115804>. [Online: acesso em 08-Novembro-2023].
- Macaulay, T. (2023). Finally, a useful blockchain application: Tracing halal meat. <https://thenextweb.com/news/blockchain-tracing-halal-meat-iov42-startup-gets-wales-government-funding>. [Online: acesso em 14-Maio-2024].
- Markovic, M., Jacobs, N., Dryja, K., Edwards, P., and Strachan, N. J. C. (2020). Integrating internet of things, provenance, and blockchain to enhance trust in last mile food de-

- liveries. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2020.563424/full>. [Online: acesso em 12-Maio-2024].
- ME (2022). Brazil's green monitor. <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/assuntos-economicos-internacionais/acompanhamento-economico/brazil-green-monitor>. [Online: acesso em 05-Abril-2024].
- OECD (2020). Going digital in brazil. <https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/e9bf7f8a-en>. [Online: acesso em 26-Maio-2024].
- Oncsak, R. (2024). Artificial intelligence at otto - already part of all business processes today. <https://www.otto.de/unternehmen/en/technologie/artificial-intelligence-at-otto-already-part-of-all-business-processes-today>. [Online: acesso em 27-Abril-2024].
- ONU (1987). Report of the world commission on environment and development: Our common future. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>. [Online: acesso em 17-Setembro-2023].
- ONU (2023). Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. <https://sdgs.un.org/2030agenda>. [Online: acesso em 17-Setembro-2023].
- OttoGroup (2023). Artificial intelligence: Seeing robots and the logistics of tomorrow. <https://www.ottogroup.com/en/stories/story/artificial-intelligence-seeing-robots-and-the-logistics-of-tomorrow.php>. [Online: acesso em 27-Abril-2024].
- Padilla, I. (2023). A hora do planeta: marca de moda oriba lança coleção feita de garrafas pet. <https://exame.com/casual/a-hora-do-planeta-marca-de-moda-oriba-lanca-colecao-feita-de-garrafas-pet/>. [Online: acesso em 03-Setembro-2023].
- Parentoni, L., de Oliveira Milagres, M., de Graaf, J. V., de Paula Moreira, A. S., Chagas, C. C., and Santana, M. D. (2021). Direito, tecnologia e inovação v. iii: Aplicações jurídicas de blockchain. https://www.researchgate.net/publication/351250544_Direito_Tecnologia_e_Inovacao_v_III_Aplicacoes_Juridicas_de_Blockchain_Law_Technology_and_Innovation_v_III_Legal_Blockchain_Applications. [Online: acesso em 13-Maio-2024].
- Park, S. H., Gonzalez-Perez, M. A., and Floriani, D. E. (2020). The palgrave handbook of corporate sustainability in the digital era. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-42412-1>. [Online: acesso em 26-Setembro-2023].
- Patagonia (2016). Patagonia: The sustainability champions. <https://youtu.be/bB8ZWOKoygY>. [Online: acesso em 03-Setembro-2023].
- Presize (2021). Get your perfect clothing size anytime, anywhere. <https://web.archive.org/web/20211201023938/https://www.presize.ai/technology>. [Online: acesso em 18-Abril-2024].

- Rao, P. (2019). Simplify your supply chain with blockchain-enabled digital passport. <https://www.ibm.com/blog/transform-your-supply-chain-with-blockchain-enabled-digital-passport/>. [Online: acesso em 13-Maio-2024].
- Ren, W., Tong, X., Du, J., Wang, N., Li, S., Min, G., and Zhao, Z. (2021). Privacy enhancing techniques in the internet of things using data anonymisation. https://www.researchgate.net/publication/351494565_Privacy_Enhancing_Techniques_in_the_Internet_of_Things_Using_Data_Anonymisation. [Online: acesso em 12-Maio-2024].
- REWE (2023). Die rewe markenwelt – nur das beste für dich! <https://www.rewe.de/marken/>. [Online: acesso em 03-Outubro-2023].
- Schmachtenberger, D. (2023). Daniel schmachtenberger — an introduction to the metacrisis — stockholm impact/week 2023. <https://youtu.be/4kBoLVvoqVY>. [Online: acesso em 03-Setembro-2023].
- ScrapeHero (2024). Number of amazon go stores in the united states in 2024. <https://www.scrapehero.com/location-reports/Amazon%20Go-USA/>. [Online: acesso em 11-Maio-2024].
- Simchi-levi, D. (2017). The new frontier of price optimization. <https://sloanreview.mit.edu/article/the-new-frontier-of-price-optimization/>. [Online: acesso em 19-Abril-2024].
- Snelgar, G. (2019). The sharing economy vs. peer-to-peer. <https://medium.com/@gregorysnelgar/the-sharing-economy-vs-peer-to-peer-c250a3f3fb51>. [Online: acesso em 06-Abril-2024].
- Speedtest (2023). Global mean speeds august 2023. <https://www.speedtest.net/global-index>. [Online: acesso em 26-Setembro-2023].
- Statista (2023a). E-commerce> b2c e-commerce fashion e-commerce worldwide - statistics facts. <https://www.statista.com/topics/9288/fashion-e-commerce-worldwide/#topicOverview>. [Online: acesso em 17-Setembro-2023].
- Statista (2023b). Leading digital retail media networks in europe in 2022, by market share. <https://www.statista.com/statistics/1378765/retail-media-networks-market-share-europe/>. [Online: acesso em 17-Setembro-2023].
- Sukhostavets, P. (2021). Artificial intelligence in the retail industry: Improving shopping experience. <https://chisw.com/blog/ai-in-retail/>. [Online: acesso em 20-Abril-2024].
- Teipen, C., Dünhaupt, P., Herr, H., and Mehl, F. (2022). Economic and social upgrading in global value chains: Comparative analyses, macroeconomic effects, the role of institutions and strategies for the global south. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-87320-2>. [Online: acesso em 17-Setembro-2023].

- ThinkDirty (2024). Think dirty – shop clean. <https://apps.apple.com/us/app/think-dirty-shop-clean/id687176839>. [Online: acesso em 06-Abril-2024].
- UNEP (2021). Pr.4 identify sustainability hotspots across the value chain. http://unep.ecoinnovation.org/wp-content/uploads/2017/03/Eco%E2%80%94Manual_Identify-sustainability-hotspots-across-the-value-chain_PR4.pdf. [Online: acesso em 05-Abril-2024].
- Vadakkapatt, G. G., Winterich, K. P., Mittal, V., Zinn, W., Beitelspacher, L., Aloysius, J., Ginger, J., and Reilman, J. (2021). Sustainable retailing. <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2020.10.008>. [Online: acesso em 17-Setembro-2023].
- Venkatesan, S. (2021). How walmart is using a.i. to make smarter substitutions in online grocery orders. <https://corporate.walmart.com/news/2021/06/24/headline-how-walmart-is-using-a-i-to-make-smarter-substitutions-in-online-grocery-orders>. [Online: acesso em 24-Abril-2024].
- Whitehead, J. (2021). Surge in second-hand sees ebay save 87 million items from landfill. <https://www.independent.co.uk/climate-change/sustainable-living/ebay-second-hand-fashion-landfill-sustainable-b1913771.html>. [Online: acesso em 06-Abril-2024].
- Wikipedia (2023). Corporate social responsibility. https://en.wikipedia.org/wiki/Corporate_social_responsibility. [Online: acesso em 17-Setembro-2023].
- Yudelson, J. (2010). Sustainable retail development: New success strategies. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-2782-5>. [Online: acesso em 17-Setembro-2023].
- Zhang, Y. (2019). The application of artificial intelligence in logistics and express delivery. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1325/1/012085>. [Online: acesso em 20-Abril-2024].
- Durđević, N., Labus, A., Barać, D., Radenković, M., and Despotović-Zrakić, M. (2022). An approach to assessing shopper acceptance of beacon triggered promotions in smart retail. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/6/3256>. [Online: acesso em 12-Maio-2024].