

INDÚSTRIA 4.0: AS TECNOLOGIAS DIGITAIS E A CIRCULARIDADE NA INDÚSTRIA DA MODA

Industry 4.0: digital technologies and circularity in the Fashion Industry

Silva, Helena Moreira da; Universidade do Estado de Santa Catarina;
helena.moreira125@gmail.com¹

Rech, Sandra Regina; Universidade do Estado de Santa Catarina; sandra.rech@udesc.br²

GP Design de Moda e Tecnologia, CNPq

Resumo: O presente artigo investigou “Como as novas tecnologias da Indústria 4.0 contribuem para a circularidade na Indústria da Moda?”. A metodologia de pesquisa foi qualitativa e o texto é uma revisão bibliográfica em bases de dados, sem recorte temporal. A literatura aponta as tecnologias digitais como facilitadoras no entendimento do ciclo de vida de um produto e da automação de processos, facilitando a transição para o modelo circular de produção.

Palavras-chave: Indústria 4.0; *Internet of Things*; Inteligência Artificial; Indústria da Moda; Economia Circular.

Abstract: The present article investigated "How the new technologies of Industry 4.0 contribute to circularity in the Fashion Industry?". The research methodology was qualitative and the text is the result of a bibliographic review in databases, with no temporal cut. The literature points to the development of digital technologies as a facilitator in decision making from the understanding of a product lifecycle and the automation of processes, facilitating the transition to a circular production model.

Keywords: Industry 4.0; Internet of Things; Artificial Intelligence; Fashion Industry; Circular Economy.

Introdução

A Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0 (I4.0), se caracteriza pelo desenvolvimento de tecnologias digitais que transformam modelos de negócios e formas de trabalho. Apesar de ainda haver obstáculos a serem superados antes da adoção completa das tecnologias digitais pela Indústria da Moda, existem vastas oportunidades de transformação de processos na cadeia produtiva de produtos, sendo destacado, nesta investigação, o potencial de torná-los circulares. O comportamento dos consumidores dos últimos anos

¹ Acadêmica do curso Bacharelado em Moda – CEART, bolsista PROBITI/UEDESC.

² Pós-Doutorado em Design (Universidade de Lisboa), Doutorado e Mestrado em Engenharia da Produção (UFSC). Professora permanente do PPGMODA/UEDESC, líder do GP Design de Moda e Tecnologia (CNPq), investigadora do CIAUD (Universidade de Lisboa) e coordenadora do Futuro do Presente laboratório (UEDESC).



mostra uma relação de proximidade com a tecnologia, especialmente em redes sociais, que lhes dá acesso às informações sobre os valores e atitudes das marcas que consomem. Para Bertola e Teunissen (2018), os compradores estão mais conscientes e atentos à transparência nos processos produtivos das marcas, buscando validar uma narrativa consistente e autêntica ao comprarem.

Em contrapartida, o modelo “*fast fashion*”, em que o tempo nos processos de design, produção e comercialização é menor, incentiva o consumo e descarte dos artefatos rapidamente. O sistema tradicional da Indústria é o linear, que contempla três passos principais, ou seja, coletar-produzir-descartar; modelo, este, oposto às expectativas dos consumidores, que desejam se conectar com valores éticos quando buscam produtos e serviços, fazendo com que seja necessária uma aproximação com os clientes durante o processo de concepção de novas peças (BHARDWAJ; FAIRHURST, 2010). A escassez de materiais é também uma razão para a mudança do modelo de negócios das empresas. Para Pagoropoulos, Pigossoa e McAloone (2017), a busca por materiais alternativos e pela eficiência na sua utilização é necessária, uma vez que diversas matérias-primas estão sendo esgotadas.

Posto isso, o modelo circular se mostra como uma alternativa no contexto da I4.0. Esse sistema, segundo Bresanelli *et al.* (2018), com base nas diretrizes da Ellen MacArthur *Foundation*, possui como princípios a eficiência na utilização de recursos, o prolongamento do tempo de vida útil dos produtos e a capacidade de torná-los reutilizáveis, recicláveis ou possuírem matéria-prima retornável. Para possibilitar essa transição econômica, as tecnologias digitais oferecem às empresas dados e informações essenciais para sua otimização, e permitem a automatização de processos e integração de seus *stakeholders* pela internet, dando origem aos sistemas *cyber-físicos*. Também, estas permitem maior proximidade dos usuários com as empresas, que passam a interagir em vez de apenas consumir (BERTOLA, 2021).

Buscando unir a urgência ambiental e o interesse dos consumidores, objetiva-se, por meio desta investigação, responder à pergunta: “Como as novas tecnologias da Indústria 4.0 podem contribuir para a circularidade na Indústria da Moda?”. A metodologia de pesquisa foi de natureza qualitativa e o texto é fruto de revisão bibliográfica em bases de dados, sem recorte temporal, sobre os tópicos: Indústria 4.0; *Internet of Things*; Inteligência Artificial; Indústria da Moda; Economia Circular. O trabalho está estruturado, além da Introdução e

Considerações finais, em duas partes: Indústria 4.0: conceituação e desenvolvimento, com destaque para a Inteligência Artificial e a *Internet of Things*; e a relação entre tecnologia e Economia Circular.

Indústria 4.0: conceituação e desenvolvimento

O termo “Indústria 4.0” (I4.0) se originou na Alemanha em 2011, e vem ganhando destaque em pesquisas. Ele se refere à chamada Quarta Revolução Industrial: período marcado pelo desenvolvimento da internet e pelo advento de novas tecnologias com o potencial de digitalizar, conectar e automatizar processos outrora humanos e/ou artesanais, a fim de integrar toda a cadeia de desenvolvimento de produtos, trocando dados em tempo real e dando origem aos sistemas “*cyber-físicos*” (BERTOLA, TEUNISSEN, 2018; VELLO, VOLANTE, 2019).

Para que essa transformação ocorra, Bertola e Teunissen (2018, p. 354) defendem que deve haver uma “duplicação virtual” de todos os sistemas industriais, criando as chamadas “*smart factories*” (ou fábricas inteligentes, em tradução livre), ou seja, o desenvolvimento de uma “[...] nova arquitetura de todo o ecossistema da empresa, em que todos os dados e informações são recolhidos e trocados a qualquer nível da organização (hierarquia vertical) e em qualquer fase do processo ao longo de toda a cadeia de valor (rede horizontal) [...]”³. Essa arquitetura traz transformações para o sistema de Moda, em que se destacam a transparência sobre o ciclo de vida dos produtos, a agilidade nos processos e uma maior coerência entre as necessidades individuais dos clientes e as características dos produtos e serviços.

Oliveira, Nãas e Garcia (2022) reforçam essa visão, salientando: (1) o auxílio nas áreas de produção e vendas, fazendo previsões de demandas mais assertivas para que não haja superprodução; (2) a assertividade no processo de concepção de produtos, no que diz respeito à coleta de dados e previsão de tendências, uma vez que se torna mais fácil mapear os interesses dos consumidores por meio de algoritmos; (3) a redução da emissão de poluentes, pois fábricas inteligentes usam técnicas mais sustentáveis de produção. Os autores citam,

³ “[...] a new architecture of the entire company ecosystem, where all data and information are collected and exchanged at any level of the organization (vertical hierarchy) and at any stage of the process throughout the entire value chain (horizontal network) [...]” (Bertola, Teunissen; p. 354, tradução nossa).

também, benefícios na educação; no entanto, devido à delimitação temática, estes não serão aprofundados.

Dentre os fatores que circundam o advento da I4.0 destaca-se o desenvolvimento da Inteligência Artificial (IA) e *Internet of Things* (IoT), que permitem a conexão virtual e troca de dados em tempo real a partir de sensores e algoritmos, detalhados nos tópicos seguintes, e cruciais para que a transformação digital ocorra. O conceito de *Big Data*, fenômeno em que dados puderam ser produzidos, interpretados e armazenados em maior volume, variedade, veracidade e velocidade (AMARAL, 2016; PAGOROPOULOS, PIGOSSOA, MCALOONE, 2017), também é fundamental para o entendimento da I4.0, pois, quanto mais informação uma máquina adquire sobre determinado assunto, mais insumo terá para automatizar funções.

Inteligência artificial

Segundo Levine, Drang e Edelson (1998, p. 3), a IA “imita o processo básico do aprendizado humano por meio do qual as novas informações são absorvidas e se tornam disponíveis para referências futuras”. Diferente de um sistema comum, programado para solucionar problemas específicos, a IA permite que uma máquina seja capaz de criar autonomia ao se especializar em uma operação, constantemente armazenar dados, interpretar informações, e criar algoritmos que funcionam como se pensassem inteligentemente (BRUNO, 2017).

A Ellen MacArthur *Foundation* (2019) ressalta que a complexidade dessas automações e o grande volume de dados faz com que uma máquina seja capaz de criar conexões que vão além da capacidade e velocidade humana, e torna capaz o desenvolvimento de novos processos voltados à melhoria do design de produtos sustentáveis e à construção de novas infraestruturas com o mesmo propósito. São citadas a facilitação no desenvolvimento de produtos circulares, devido à prototipagem rápida, a previsão assertiva da demanda de mercado e controle de estoque, e a capacidade de implementar sistemas de logística reversa e reciclagem, já que a IA melhora os processos de triagem e desmontagem de produtos.

Internet of Things



Segundo Bertola e Teunissen (2018) e Amaral (2016), a *Internet of Things* (IoT) se refere às “coisas” que possuem sensores⁴ que as conectam à internet, tornando-as rastreáveis. Os dados e informações coletados no monitoramento desses objetos são armazenados em nuvem e interpretados por IA, tornando possível o recebimento de *feedbacks* desde o processo de produção de um item até quando já adquirido pelo consumidor. Assim, a empresa pode realizar melhorias em tempo real em sua operação, de forma a reduzir os recursos despendidos na fabricação de produtos e diminuir a emissão de poluentes, obtendo eficiência produtiva.

Para além da otimização dos processos industriais, produtos que possuem sensores tornam-se rastreáveis, permitindo a obtenção de informações como sua geolocalização e sua condição, que oferecem a possibilidade de otimização de seu ciclo de vida. A Ellen MacArthur *Foundation* (2016) cita o exemplo da empresa Michelin, fabricante de pneus. Quando um pneu é equipado com um sensor, e com a base de conhecimentos gerada sobre esse produto durante anos, a empresa poderá enviar aos consumidores notificações sobre quando trocá-los e qual a oficina mais próxima. Além de gerar uma conexão com seus clientes, podem passar a oferecer serviços. Assim, por meio das tecnologias digitais, as alternativas pró-sustentabilidade e circulares já mapeadas em diversos estudos, como a logística reversa e a servitização, tornam-se facilitadas e mais passíveis de serem implementadas com sucesso.

A relação entre tecnologia e economia circular

Como foi exposto, os fenômenos industriais dos últimos anos trouxeram oportunidades alternativas de crescimento empresarial, centradas na digitalização de processos e inteligência de dados, indicando uma mudança sistemática na Indústria da Moda, que se torna capaz de criar novos serviços, automatizar processos, corrigir erros e minimizar o consumo de energia (BRUNO, 2017). Coadunam com essas observações, Antikainen, Uusitalo e Kivikytö-Reponen (2018, p. 46), ao afirmarem que a “digitalização permite o

⁴ Bruno (2017, p. 79) define sensores como “conversores que medem quantidades físicas e as convertem em sinais que podem ser lidos por um observador ou por um instrumento eletrônico.”

acesso transparente aos dados relativos ao consumo de recursos dos produtos e permite otimizar seus ciclos de vida, e, assim, promover a transição para a EC”⁵.

A virtualização tem, também, papel na aproximação com o público consumidor. Se estabelece uma comunicação e relação com os clientes da marca, especialmente por meio das mídias sociais, principal ferramenta de interação (ANTIKAINEN; UUSITALOA; KIVIKYTÖ-REPONEN, 2018). A possibilidade de interação e cocriação tem se tornado um desejo crescente entre a nova geração de consumidores, e a obtenção de *feedbacks* em tempo real é de grande valor para a operação empresarial, que poderá adequar sua produção às demandas do mercado (BERTOLA; TEUNISSEN, 2018).

É importante ressaltar que a tecnologia não é capaz de resolver todos os problemas operacionais e ambientais sozinha: os autores Papahristou e Bilalis (2017, p. 213) afirmam que “[...] são os humanos que devem pensar e cuidar e principalmente desenvolver uma visão cultural mais ampla sobre conectividade e inteligências de negócios alinhadas e governos que tem que mudar”⁶, ou seja, a sustentabilidade deve ser pensada no contexto de todo um ecossistema, não somente na otimização de processos industriais. Estando munidos de dados e informações essenciais da operação, a tomada de decisões e a criação de novas estratégias tende a ser facilitada. Novos mercados poderão ser criados e explorados, baseados em valores e princípios que norteiam consumidores contemporâneos, como democratização, customização, compartilhamento, cocriação e sustentabilidade (BERTOLA; TEUNISSEN, 2018).

Existem, no entanto, empecilhos que impedem a adesão completa das tecnologias digitais pela Indústria da Moda. Entre elas, a falta de clareza sobre as habilidades necessárias para os profissionais do futuro, somado à escassez de profissionais já qualificados para operar novas tecnologias (BRUNO, 2017; BERTOLA, TEUNISSEN, 2018). Ademais, questões sobre a interoperabilidade estão ainda em processo de desenvolvimento e construção, sendo ainda difícil a integração digital completa de produtos, máquinas e pessoas (BERTOLA; TEUNISSEN, 2018), especialmente devido à resistência dos gestores quanto aos riscos, custos e benefícios dessa transição (ANTIKAINEN; UUSITALOA; KIVIKYTÖ-REPONEN, 2018).

⁵ “Digitalisation enables transparent access to data concerning products’ resource consumption and makes it possible to optimise product life cycles and thus promote the move towards the CE.” (ANTIKAINEN; UUSITALOA; KIVIKYTÖ-REPONEN, p. 46, 2018, tradução nossa).

⁶ “[...] it is humans who have to think and care and mainly develop a wider cultural view on connectivity and aligned business intelligences and governments that has to change.” (PAPAHRISTOU; BILALIS, 2017, p. 213, tradução nossa).

Considerações finais

ola@arandesite.com.br

O presente artigo teve como objetivo responder à pergunta: “Como as novas tecnologias da Indústria 4.0 podem contribuir para a circularidade na Indústria da Moda?”. Ao longo da investigação, percebe-se os fenômenos da IA e IoT como essenciais, no contexto da Indústria 4.0, para o fornecimento do insumo necessário, em dados, para a integração via internet dos *stakeholders* de uma empresa, rastreamento de produtos e interação com o público – com mais volume de informação e capacidade de análise do que se foi obtido, os processos de tomadas de decisão podem ser facilitados para que se alcance um modelo circular eficiente.

No entanto, ainda não são claros os caminhos para que se ocorra essa transição. Apesar do seu potencial e dos impactos observados para a Indústria da Moda, fatores como a ausência de profissionais qualificados e os altos custos envolvidos na transformação da operação produtiva tornam lento o avanço da tecnologia, fazendo necessária a continuidade da investigação científica por este caminho. Ainda assim, chegou-se ao resultado objetivado, uma vez que foi possível identificar o potencial das tecnologias digitais para a transição para uma economia circular. Para futuras pesquisas, sugere-se um estudo prático nas chamadas fábricas inteligentes, visando à obtenção de dados quantitativos sobre o retorno obtido pela sua digitalização em comparação com modelos tradicionais de produção.

Referências

AMARAL, Fernando. **Introdução à ciência de dados: mineração de dados e Big Data**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2016.

ANTIKAINEN, Maria; UUSITALOA, Teuvo; KIVIKYTÖ-REPONEN, Päivi. Digitalisation as an enabler of Circular Economy. **Procedia CIRP**, v. 73, p. 45-49, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.04.027>. Acesso em: 16 set. 2022.

BERTOLA, Paola. Fashion Within the Big Data Society: How can data enable fashion transition towards a more meaningful and sustainable paradigm? **14th Biannual Conference of the Italian SIGCHI Chapter**. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3464385.3468146>. Acesso em: 15 dez. 2022.

BERTOLA, Paola; TEUNISSEN, Jose. Fashion 4.0. Innovating fashion industry through digital transformation. **Research Journal of Textile and Apparel**, v. 22, n. 4, p. 352-369, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/RJTA-03-2018-0023>. Acesso em: 19 out. 2022.

BHARDWAJ, Vertica; FAIRHURST, Ann. Fast fashion: response to changes in the fashion industry. 2010. **The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research**. p. 165-173, Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09593960903498300>. Acesso em: 15 dez. 2022.

BRESANELLI, Gianmarco *et al.* Exploring how usage-focused business models enable circular economy through digital technologies. **Sustainability**, v. 10, n. 3, p. 1-21, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su10030639>. Acesso em: 19 out. 2022.

BRUNO, Flavio da Silveira. **A quarta revolução industrial do setor têxtil e de confecção: a visão do futuro para 2030**. 2. ed. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2017. 152p. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b0aead_9b0ca6b7f96849dd8aa74bb8fa487739.pdf. Acesso em: 11 dez. 2022.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Artificial intelligence and the circular economy: AI as a tool to accelerate the transition**. 2019. 39p. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/artificial-intelligence-and-the-circular-economy>. Acesso em: 16 mar. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Intelligent assets: unlocking the circular economy potential**. 2016. 76 p. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/intelligent-assets-unlocking-the-circular-economy-potential>. Acesso em: 16 mar. 2023.

LEVINE, Robert; DRANG, Diane; EDELSON, Barry. **Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas: aplicações e exemplos práticos**. São Paulo: McGraw-Hill, 1998.

OLIVEIRA, Rimena Canuto; NÄAS, Irenilza de Alencar; GARCIA, Solimar. Fashion Industry 4.0: a bibliometric review in the Fashion Industry. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. 1-8, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/34203/29302>. Acesso em: 19 out. 2022.

PAGOROPOULOS, Aris; PIGOSSOA, Daniela Cristina Antelmi; MCALOONE, Tim C. The emergent role of digital technologies in the Circular Economy: a review. **Procedia CIRP**, v. 64, p. 19-24, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.047>. Acesso em: 05 nov. 2022.

PAPAHRISTOU, Evridiki; BILALIS, Nikolaos. Should the fashion industry confront the sustainability challenge with 3D prototyping technology. 2017. **International Journal of Sustainable Engineering**, p. 207-214. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19397038.2017.1348563>. Acesso em: 08 dez. 2022.



VELLO, Ana Cristina Pinheiro; VOLANTE, Carlos Rodrigo. O conceito de Indústria 4.0 e os principais desafios de sua implantação no Brasil. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 2, p. 325-336, 2019. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/686>. Acesso em: 10 fev. 2023.