

INTERNET DAS COISAS INDUSTRIAIS NA PERSPECTIVA DA CADEIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO: UMA ABORDAGEM TEÓRICA

*Internet of Industrial Things from the perspective of the textile and apparel chain: a theoretical
approach*

SOUZA, Ligia Lugnani; bacharelanda; Universidade do Estado de Santa Catarina;
ligia.lugs@gmail.com¹

BABINSKI JÚNIOR, Valdecir; mestre; Universidade do Estado de Santa Catarina;
vj.babinski@gmail.com²

SILVEIRA, Icléia; doutora; Universidade do Estado de Santa Catarina; Icleiasilveira@gmail.com³

ROSA, Lucas da; doutor; Universidade do Estado de Santa Catarina; darosa.lucas@gmail.com⁴

LOPES, Luciana Dornbusch; doutora; Universidade do Estado de Santa Catarina;
d.lulopeslu@gmail.com⁵

Grupo de Pesquisa: Design de Moda e Tecnologia⁶

Resumo: O objetivo deste artigo consiste em identificar soluções da Internet das Coisas Industriais (IIoT) que podem ser aplicadas na cadeia têxtil e de confecção. Por meio de uma pesquisa bibliográfica que subsidiou uma revisão narrativa da literatura, observou-se que a IIoT pode ser aplicada na: (I) Manutenção de máquinas; (II) Produtividade fabril; (III) Otimização de recursos; e em (IV) *Wearables devices*. Infere-se que a IIoT oportuniza avanços tecnológicos às indústrias do setor.

Palavras-chave: Internet das Coisas Industriais; Cadeia Têxtil e de Confecção; Indústria 4.0.

¹ É bacharelanda em Moda pela Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc). Atualmente, é estudante bolsista do projeto de pesquisa *Método de diagnóstico com indicadores de sustentabilidade: aplicado ao processo produtivo de empresas têxteis e de confecção na utilização das tecnologias da Indústria 4.0*, coordenado pela Prof.^a Dr.^a Icléia Silveira.

² É doutorando em design pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). É mestre em design de vestuário e moda (2021) pela Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc). É especialista em marketing (2018) pela Universidade de São Paulo (USP/ESALQ). É graduado em moda (2014), também pela Udesc. Atualmente, é professor substituto do Departamento de Moda (DMO) da Udesc.

³ É doutora em design (2011) pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). É mestra em engenharia de produção (2003) pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). É especialista em desenho industrial, estilismo e modelagem de moda (1992) pela Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc). Atualmente, é professora permanente do Departamento de Moda (DMO) e do Programa de Pós-Graduação em Design de Vestuário e Moda (PPGModa), da Udesc.

⁴ É doutor em design (2011) pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). É mestre em educação e cultura (2005) pela Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc). É especialista em moda, criação e produção (2002), pela Udesc. É graduado em ciências econômicas (2000) pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Atualmente, é professor permanente do Departamento de Moda (DMO) e do Programa de Pós-Graduação em Design de Vestuário e Moda (PPGModa), da Udesc.

⁵ É doutora em engenharia e gestão do conhecimento (2019) pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). É mestra em design e expressão gráfica (2012), também pela UFSC. É especialista em moda, criação e produção (2004) pela Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc). É graduada em moda (2001), também pela Udesc. Atualmente, é professora permanente do Departamento de Moda (DMO) e do Programa de Pós-Graduação em Design de Vestuário e Moda (PPGModa), da Udesc.

⁶ Endereço eletrônico do grupo diretório dos grupos de pesquisa do Brasil no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico: dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/3988762082028357

Abstract: *The purpose of this article is to identify Industrial Internet of Things (IIoT) solutions that can be applied in the textile and apparel chain. Through bibliographic research that supported a narrative review of the literature, it was observed that the IIoT can be applied in: (I) Machine maintenance; (II) Manufacturing productivity; (III) Resource optimization; and in (IV) Wearables devices. It is inferred that the IIoT provides technological advances to the industries in the sector.*

Keywords: *Industrial Internet of Things; Textile and Apparel Chain; Industry 4.0.*

Introdução

Conhecida como Indústria 4.0 (I4.0), a quarta revolução industrial consiste em um processo de evolução tecnológica que visa aprimorar o desempenho do sistema produtivo atual por meio de três frentes: (I) com o uso de tecnologias rentáveis; (II) com o apoio de tecnologias minimamente invasivas; e (III) por intermédio de tecnologias quantitativamente generalizadas (CELASCHI, 2017). Silveira, Rech e Seibel (2018) comentam que, para alcançar o propósito em curso, essa revolução articula-se a partir de onze pilares fundamentais, a saber: (I) Sistemas físico-cibernéticos; (II) *Big Data Analytics* (análise de grandes volumes de dados, em livre tradução); (III) Internet das Coisas; (IV) Simulação; (V) Cibersegurança; (VI) Robôs autônomos; (VII) Integração horizontal e vertical de sistemas; (VIII) Realidade aumentada; (IX) Computação em nuvem; (X) Fábricas inteligentes; e (XI) Manufatura aditiva.

Os pilares supracitados desdobram-se em conceitos secundários, a citar como exemplo a Internet das Coisas, ou *Internet of Things* (IoT), que origina a Internet das Coisas Industriais, ou *Industrial Internet of Things* (IIoT). Trata-se de um termo que abrange as soluções tecnológicas pautadas na comunicação entre máquinas conectadas por meio da rede mundial de computadores que tem como objetivo atender problemas de diferentes setores produtivos. Celaschi (2017) vai ao encontro desse argumento ao afirmar que a IIoT tem como função gerar dados a partir do maquinário presente em células de trabalho que compõem a planta de parques fabris. Segundo o autor, esses dados podem ser armazenados em nuvem ou serem usados em sistemas complexos que podem memorizar ações e gerar respostas prontas para problemas imediatos. Se já forem conhecidos pelas máquinas ou se forem programados para serem reconhecidos com antecedência, esses problemas tendem a ser mitigados com facilidade e rapidez.

Adicionalmente, Celaschi (2017) compreende que a IIoT auxilia às indústrias a preverem o comportamento de seus equipamentos, bem como possíveis defeitos e falhas. Com um maquinário

inteligente, com capacidade de autocorrigir eventuais desvios e autogerenciar crises prementes, essas indústrias podem tornar-se ainda mais competitivas nos segmentos de mercado em que atuam. Para Carrion e Quaresma (2019), o conceito de IIoT faz oposição ao termo Internet das Coisas do Consumidor — ou *Consumer Internet of Things* (CIoT) — que, por sua vez, visa prover experiências tecnológicas imersivas centradas nos usuários. Segundo as autoras, “[...] as inovações no campo do consumo tratam-se principalmente de *hardware*, enquanto as de cunho industrial tem sido principalmente de *software* (ou seja, no âmbito da inteligência artificial, da aprendizagem de máquina e dos métodos de análise de dados) [...]” (CARRION, QUARESMA, 2019, p. 53).

No tangente à IIoT, acredita-se que a cadeia têxtil e de confecção necessita de investimento em soluções tecnológicas que possam assegurar a integração entre diversos departamentos e diferentes processos produtivos. Estima-se que, uma vez que todos os departamentos que formam uma indústria estejam conectados e alinhados, os sistemas de produção também podem ser automatizados. Nesse sentido, a promessa de conectividade da IIoT pode ser compreendida como uma estratégia de negócio que pode melhorar a participação dessas indústrias no mercado internacional, uma vez que oferece a possibilidade de monitoramento e controle da produção. Entender a potencialidade da IIoT torna-se, portanto, fundamental para o setor (COLOMBO; LUCCA FILHO, 2018).

Mediante o observado, o objetivo deste artigo consiste em identificar soluções da IIoT que podem ser aplicadas na cadeia têxtil e de confecção. Para alcançar este fim, realizou-se uma pesquisa bibliográfica limitada a uma revisão narrativa e assistemática da literatura científica. Em função disso, mediante a classificação metodológica de Gil (2008), este artigo pode ser compreendido como uma pesquisa básica, qualitativa e descritiva. Assim, introduzido o assunto, a seguir, apresenta-se uma breve abordagem teórica sobre a IoT e a IIoT.

Da Internet das Coisas (IoT) para a Internet das Coisas Industriais (IIoT)

Ashton (2009) afirma que o termo *Internet of Things* foi utilizado pela primeira vez em 1999 em uma apresentação sobre rádio frequência no Massachusetts Institute of Technology (MIT). A apresentação envolvia assuntos relacionados com sensores inteligentes e a emergência de novas tecnologias. À época, a IoT foi considerada um sistema que estabelecia uma conexão entre vários

dispositivos inteligentes por intermédio de um *software* conectado a uma rede ligada na *internet*. Conforme explicam Colombo e Lucca Filho (2018), esse sistema tinha como premissa fornecer informações para o monitoramento de uma situação em tempo real.

No presente, Silveira, Rech e Seibel (2018, p. 6) conceituam a IoT como: “[...] uma infraestrutura de rede que interliga objetos físicos e virtuais na qual os objetos cotidianos têm conectividade com a rede, permitindo que sejam recebidos e enviados dados através dos mesmos, de forma independente e inteligente [...]”. Segundo as autoras, esses dados podem ser empregados para a otimização do funcionamento de dispositivos, recursos, equipamentos, máquinas e aparatos eletrônicos. Sciamana, Fialkowski e Kistmann (2018, p. 4) complementam o exposto ao afirmarem que, por meio da IoT, “[...] os objetos passam a ter uma nova funcionalidade com capacidade de comunicação, coleta e processamento de dados provenientes da interação usuário-objeto e objeto-objeto”.

Do ponto de vista dos produtos vestíveis, Sciamana, Fialkowski e Kistmann (2018) sustentam que IoT está relacionada com os artefatos tecnológicos denominados *wereables devices* (dispositivos tecnológicos vestíveis, em livre tradução). Por sua vez, Carrion e Quaresma (2019) afirmam que, além dos *wereables*, a IoT pode ser empregada junto a casas inteligentes (chamadas de *smart homes*), automóveis e sistemas de varejo. Em âmbito macro, as autoras comentam que a IoT pode ser aplicada na manufatura de produtos industrializados, no gerenciamento de recursos e fontes energéticas (como luz, óleo, carvão e gás), no planejamento de cidades inteligentes (também denominadas de *smart cities*), na administração de transportes, na agricultura, na pecuária e na saúde (por meio da gestão hospitalar).

De maneira semelhante ao exposto por Silveira, Rech e Seibel (2018) e Sciamana, Fialkowski e Kistmann (2018), Zhou *et al.* (2015) acreditam que a IoT consiste em um sistema de comunicação que inclui mecanismos de Identificação por Radiofrequência — ou *Radio-Frequency Identification* (RFID) — que podem ser gerenciados por intermédio de sensores, atuadores, telefones móveis e aparelhos do tipo *Global Positioning Systems* (GPS), entre outros. No entendimento de Costa *et al.* (2018), os objetos dotados de tecnologia da IoT podem auxiliar em diversas atividades humanas, desde tarefas cotidianas no ambiente doméstico até operações complexas em sistemas produtivos com cadeias logísticas globais.

Colombo e Lucca Filho (2018) destacam que a IoT pode ser aplicada em: (I) Infraestrutura inteligente; (II) Cuidados de saúde; e (III) Segurança e privacidade. Acerca da primeira, diz-se que os dispositivos inteligentes integrados às indústrias podem conectar diferentes departamentos ao longo do processo produtivo, bem como assegurar o monitoramento do ciclo de produção e facilitar o gerenciamento de paradas e panes elétricas. Com essa integração, cadeias logísticas, fabricantes, fornecedores, distribuidores, lojistas e consumidores podem ser atendidos com mais velocidade e precisão (COLOMBO; LUCCA FILHO, 2018).

A respeito dos Cuidados de saúde, Zhou *et al.* (2015) e Colombo e Lucca Filho (2018) observam que sensores inteligentes podem ser aplicados à dispositivos domésticos ou aparelhos celulares para monitorar pacientes e enviar dados em tempo real para médicos e enfermeiros. Outro uso da IoT voltado para a saúde está na articulação dos tecidos inteligentes com as peças de vestuário voltadas para a prática de esportes. Uma vez que contenha tecnologia embarcada, o vestuário *fitness* (roupas para ginástica, em livre tradução) pode ser empregado para monitorar ações biomecânicas durante atividades esportivas de baixo, médio e alto impacto. Com isso, por exemplo, esportistas amadores podem ter mais segurança ao realizarem caminhadas rotineiras e, ao mesmo tempo, atletas profissionais podem ter seu desempenho físico aumentado, visto que os sensores podem gerar dados observáveis sobre suas performances.

A última aplicação da IoT está relacionada com a segurança dos sensores inteligentes. Por operarem via redes sem fio (*wi-fi*), os dispositivos de IoT podem estar sujeitos ao sequestro de dados sigilosos, às invasões potenciais e à exposição substancial de informações pessoais. Para que isso não ocorra, a IoT pode ser utilizada em combinação com a criptografia e o armazenamento em nuvens (ZHOU *et al.*, 2015; COLOMBO; LUCCA FILHO, 2018). Ademais, Carrion e Quaresma (2019, p. 63) citam que:

[...] no contexto industrial, sob a alcunha de IIoT, o uso de dispositivos conectados abrange muitos casos de uso e modelos de aplicação. Inicialmente focada apenas na otimização da eficiência operacional e racionalização, automação e manutenção de recursos, hoje, a expectativa é a de que a convergência de IoT, inteligência artificial e *big data* (coleta imensa de dados) introduza as tecnologias da próxima geração [...].

No cenário da cadeia têxtil e de confecção, os modelos de aplicação citados por Carrion e Quaresma (2019) podem ser organizados em quatro agrupamentos: (I) Manutenção de máquinas;

(II) Produtividade fabril; (III) Otimização de recursos; e (IV) *Wearable devices*. Acerca do primeiro grupo, sabe-se que quando uma máquina para de trabalhar, se o problema não for resolvido rapidamente, o tempo gasto para recuperar seu funcionamento pleno pode gerar prejuízos para a produção de artigos têxteis ou de peças de vestuário. Com um sensor inteligente acoplado ao equipamento, dados sobre a produção podem ser monitorados em tempo real e indicadores podem acusar se o maquinário está operando dentro de sua normalidade ou não. Ao detectar falhas ou anomalias com rapidez, o colaborador responsável pelo setor pode providenciar a manutenção da máquina antes de ela parar de operar completamente ou, se usadas estratégias de *Machine Learning* (aprendizagem das máquinas, em livre tradução), a própria máquina pode corrigir seu funcionamento e acionar meios para reparar os danos identificados (COLOMBO; LUCCA FILHO, 2018).

Sobre o segundo grupo (Produtividade fabril), observa-se que, por meio da IIoT, a cadeia têxtil e de confecção pode ter informações relevantes sobre a produtividade de cada máquina, o que pode auxiliar colaboradores e gestores na tomada de decisão referente ao tempo de produção em todas as células fabris. Com esse conhecimento em mãos, equipamentos podem ser acionados caso novas demandas apareçam e ações corretivas podem ser agilizadas se insumos apresentarem defeitos. A exemplo disso, cita-se que na malharia circular, não raro, os rolos de tecido que apresentam falhas seguem para o estágio de tingimento e acabamento, o que desperdiça tempo, água e energia, entre outros recursos. Com sensores inteligentes ao longo do processo produtivo, problemas como este podem ser detectados e comunicados à máquina em operação e ao colaborador responsável (COLOMBO; LUCCA FILHO, 2018; MARIANO, 2020).

O terceiro grupo identificado diz respeito à otimização de recursos hídricos e energéticos. Conforme expõem Costa *et al.* (2018), a IIoT pode fornecer ferramentas para mensurar e controlar o consumo de água e energia na produção de novos produtos têxteis e peças de vestuário, além de reduzir os níveis de lixo eletrônico dentro das fábricas ao manter ligados apenas os dispositivos necessários para o andamento das atividades produtivas. Como exemplo, acredita-se que, ao poupar o esforço mecânico e moderar o uso de baterias, os computadores, os celulares e as impressoras podem ter sua vida útil prolongada.



Por último, no tangente aos *wereables devices*, observa-se que a tecnologia embarcada no maquinário fabril pode alavancar o desenvolvimento dos sistemas que conectam peças de vestuário com centrais que recebem e processam dados sobre usuários e outros objetos. Como esses dispositivos possuem componentes eletrônicos e placas portáteis em seu design, pode-se disparar informações, comandos e alertas a partir dos elementos computadorizados inseridos nas tramas dos substratos têxteis (AVELAR, 2009; SCIAMANA; FIALKOWSKI; KISTMANN, 2018).

Assim, constatou-se que a cadeia têxtil e de confecção pode se beneficiar do avanço tecnológico a ser promovido pela conectividade da IIoT ao longo da quarta revolução industrial. Pelo exposto, notou-se que a aplicação de sensores inteligentes ao maquinário fabril pode tornar as organizações do setor mais competitivas, dinâmicas e produtivas. Logo, apresentada a abordagem teórica objetivada, procede-se para as considerações finais.

Considerações finais

O presente artigo teve como objetivo identificar soluções da IIoT que podem ser aplicadas na cadeia têxtil e de confecção. Para alcançar este fim, produziu-se uma pesquisa bibliográfica limitada a uma abordagem teórica. A partir da literatura consultada, observou-se que a IIoT pode ser aplicada na: (I) Manutenção de máquinas; (II) Produtividade fabril; (III) Otimização de recursos; e em (IV) *Wereables devices*. Cabe salientar que esses agrupamentos representam as potencialidades da IIoT para o setor, contudo, não esgotam as possibilidades de se explorar o assunto.

Acredita-se que quando sistemas e processos podem ser agilizados, otimizados e monitorados, as indústrias economizam tempo de produção, consumo de energia e esforço mecânico. Nesse cenário, as organizações podem aproveitar a eficiência da sua mão de obra ao canalizar suas jornadas de trabalho para a execução de outras atividades que não aquelas relacionadas à correção de operações ou à manutenção de máquinas. Estima-se que, com isso, a cadeia têxtil e de confecção pode melhorar seu desempenho nos mercados em que opera. Além da otimização e do monitoramento do ciclo de produção em tempo real, a IoT também se apresenta como uma oportunidade para que essas indústrias possam controlar a produtividade em suas células fabris e se conectar com as novas tecnologias da quarta revolução industrial.



Por fim, importa agradecer o apoio institucional recebido do Departamento de Moda (DMO) do Centro de Artes, Design e Moda (Ceart) da Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc). Adicionalmente, os autores deste artigo agradecem ao grupo de pesquisa Design de Moda e Tecnologia pelo suporte e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelas bolsas de iniciação científica. Cabe destacar, ainda, que este artigo está vinculado com a pesquisa *Método de diagnóstico com indicadores de sustentabilidade: aplicado ao processo produtivo de empresas têxteis e de confecção na utilização das tecnologias da Indústria 4.0* dirigida e coordenada pela Professora Doutora Icléia Silveira no âmbito da Udesc.

Referências

ASHTON, K. *That 'Internet of Things' Thing: in the real world, things matter more than ideas*. 2009. RFID Journal. Disponível em: <https://bit.ly/3xET55g>. Acesso em: 17 maio 2022.

AVELAR, S. **Moda: Globalização e Novas Tecnologias**. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2009.

CARRION, P.; QUARESMA, M. Internet das Coisas (IoT): definições e aplicabilidade aos usuários finais. **Human Factors In Design**, Florianópolis, v. 8, n. 15, p. 49-66, mar. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3b8aUSB>. Acesso em: 03 jun. 2022.

CELASCHI, F. *Advanced design-driven approaches for an Industry 4.0 framework: the human-centred dimension of the digital industrial revolution*. **Strategic Design Research Journal**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p.97-104, 11 abr. 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3viKo0W>. Acesso em: 16 fev. 2022.

COLOMBO, J. F.; LUCCA FILHO, J. de. Internet das Coisas (IoT) e Indústria 4.0: revolucionando o mundo dos negócios. **Revista Interface Tecnológica**, Taquaritinga, v. 2, n. 15, p. 72-85, dez. 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3zTDcKS>. Acesso em: 07 maio 2022.

COSTA, R. P. da *et al.* Como o advento da Indústria 4.0 e o incremento de novas tecnologias, tais como a internet das coisas (IoT), vêm contribuindo para a otimização do desenvolvimento de novos produtos, na indústria manufatureira? *In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 2., 2018, Catalão. **Anais [...]**. Goiás: Universidade Federal de Goiás, 2018. p. 3-8. Disponível em: <https://bit.ly/3mYZq6G>. Acesso em: 09 jun. 2020.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MARIANO, M. **Internet das Coisas e Inteligência Artificial tornam produção têxtil sustentável e competitiva**. 2020. Portal Textília. Disponível em: <https://bit.ly/3Nbxqal>. Acesso em: 09 jun. 2022.

SCIAMANA, J. L.; FIALKOWSKI, V. P.; KISTMANN, V. B. Design e Internet das Coisas para a indústria calçadista: perspectivas futuras. *In*: COLÓQUIO DE MODA, 14., 2018, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: ABEPEN, 2018. p. 1-15. Disponível em: <https://bit.ly/3mXLolQ>. Acesso em: 16 jun. 2022.

SILVEIRA, I.; RECH, S. R.; SEIBEL, S. Gestão do conhecimento nas empresas de vestuário no contexto da Indústria 4.0. *In*: COLÓQUIO DE MODA, 14., 2018, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: ABEPEN, 2018. p. 1-15. Disponível em: <https://bit.ly/3C52N2z>. Acesso em: 06 fev. 2022.

ZHOU, J. *et al.* *Security and Privacy in Cloud-Assisted Wireless Wearable Communications: challenges, solutions and, future directions*. **IEEE Wireless Communications**, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 136-144, abr. 2015. Disponível em: <https://bit.ly/3Ow4DyB>. Acesso em: 09 jun. 2022.

