

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Amanda Pizarro Piffero

**IMPACTOS DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL NO SETOR
TÊXTIL E DE CONFECÇÃO**

Santa Maria, RS
2019

Amanda Pizarro Piffero

**IMPACTOS DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL NO SETOR TÊXTIL E DE
CONFECCÃO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria, como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Engenharia de Produção.**

Orientadora: Prof.^a Dra. Janis Elisa Ruppenthal

Santa Maria, RS
2019

Amanda Pizarro Piffero

**IMPACTOS DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL NO SETOR TÊXTIL E DE
CONFECCÃO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado ao Centro de Tecnologia da
Universidade Federal de Santa Maria, como
requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em 22 de Novembro de 2019:

Janis Elisa Ruppenthal, Dra. (UFSM)
(Orientadora)

Alvaro Luiz Neuenfeldt Júnior, Dr. (UFSM)

Márcio Bürger Mansilha, M.e (UFSM)

Santa Maria, RS
2019

RESUMO

IMPACTOS DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL NO SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO

AUTORA: Amanda Pizarro Piffero
ORIENTADORA: Janis Elisa Ruppenthal

Os desafios e oportunidades trazidos pelo advento da Quarta Revolução Industrial são expressivos. Com uma importante participação no mercado brasileiro, o setor têxtil e de confecção brasileiro enfrenta questões tecnológicas, sociais e estruturais referentes a essa mudança de paradigmas. Nesse sentido, o presente trabalho realiza um estudo das tecnologias da Quarta Revolução industrial aplicadas no setor têxtil e de confecção brasileiro. A partir de pesquisas bibliográficas, o setor é descrito e contextualizado, e são apresentadas as principais tendências e tecnologias decorrentes da Quarta Revolução. São analisados os impactos decorrentes no setor têxtil e de confecção, e os desafios encontrados no cenário brasileiro. As conclusões demonstram uma grande variedade de impactos positivos, da redução de custos à reformulação de cadeias produtivas inteiras. Porém, importantes avanços políticos, tecnológicos e infraestruturais devem ser realizados para garantir a competitividade do setor perante às transformações emergentes.

Palavras-chave: Quarta Revolução Industrial. Manufatura. Indústria têxtil e de confecção.

ABSTRACT

FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION IMPACTS ON TEXTILE AND CLOTHING SECTOR

AUTHOR: Amanda Pizarro Piffero

ADVISOR: Janis Elisa Ruppenthal

The challenges and opportunities brought by the advent of the Fourth Industrial Revolution are significant. With an important participation in the Brazilian market, the Brazilian textile and clothing sector faces technological, social and structural issues related to this paradigm shift. In this sense, the present work conducts a study of the technologies of the Fourth Industrial Revolution applied to the Brazilian textile and clothing sector. From bibliographical research, the sector is described and contextualized, and the main trends and technologies arising from the Fourth Revolution are presented. The impacts arising from the textile and clothing sector are analyzed, as well as the challenges encountered in the Brazilian scenario. The conclusions demonstrate a wide range of positive impacts, from cost savings to redesigning entire production chains. However, important political, technological and infrastructural advances must be made to ensure the sector's competitiveness in the face of emerging transformations.

Keywords: Fourth Industrial Revolution. Manufacturing. Textile and clothing industry.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 PROBLEMA	7
1.2 OBJETIVOS.....	7
1.2.1 Objetivo Geral	7
1.2.2 Objetivos Específicos	7
1.3 JUSTIFICATIVA	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 A INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO	9
2.2 O SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO BRASILEIRO	11
2.3 A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	13
2.4 A INDÚSTRIA 4.0.....	15
3 METODOLOGIA	16
3.1 CENÁRIO	16
3.2 MÉTODO DE PESQUISA.....	16
3.3 ETAPAS DA PESQUISA	16
4 DESENVOLVIMENTO	17
4.1 PRINCIPAIS TENDÊNCIAS E TECNOLOGIAS	17
4.1.1 Hibridização	17
4.1.2 Têxteis inteligentes	18
4.1.3 Internet das Coisas e Internet dos Serviços	19
4.1.4 Big Data	20
4.1.5 Inteligência artificial e visão de máquina	20
4.1.6 Manufatura aditiva	21
4.1.7 Individualização e personalização	21
4.1.8 Modelagem e simulação virtual	22
4.1.9 Sistemas ciberfísicos e mini fábricas	23
4.1.10 Tendências comportamentais	24
4.2 IMPLICAÇÕES NO SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO	24
4.3 DESAFIOS NO CENÁRIO BRASILEIRO	25
5 CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	29
APÊNDICES	35
APÊNDICE A - PROBABILIDADE DE AUTOMATIZAÇÃO DE OCUPAÇÕES	36

1 INTRODUÇÃO

Presente em todos os países por conta da necessidade humana de vestuário e demais usos, o setor têxtil e de confecção é um dos mais tradicionais e complexos setores industriais do mundo (CNI, 2017). O avanço tecnológico e seus impactos sociais e econômicos fizeram com que esse setor tivesse que se adaptar diversas vezes ao longo da história, impactando significativamente nas dimensões social, cultural, econômica e política, influenciando os costumes e o modo de vida da sociedade. A história do setor têxtil e de confecção no Brasil é de aproximadamente 200 anos, e demonstra a existência de um processo de mudança com casos de sucesso e insucesso em diferentes épocas, com seus diferentes desafios (FUJITA; JORENTE, 2015).

Com o advento da Quarta Revolução Industrial, Soares (2018) diz que a sociedade está reflexiva e receosa pelo seu futuro. Diante disso, estudiosos das ciências exatas, tecnológicas e humanas realizam pesquisas com intuito de adiantar-se aos impactos causados por ela. Schwab (2016) mostra que governos, instituições, sistemas de educação, de saúde, de transporte e de produção serão reformulados e que, apesar de ainda não se saber quais serão os desdobramentos gerados por essa transformação, a complexidade da interconexão entre todos esses setores implica que devem trabalhar juntos na garantia de um futuro sustentável.

Schwab (2016) também coloca que "a tecnologia não é uma força externa, sobre a qual não temos nenhum controle". Não nos cabe aceitá-la ou rejeitá-la, assim como não temos a opção de escolher viver sem ela. Especificamente na Quarta Revolução Industrial, essa característica de imposição é ainda mais forte: as transformações envolvem sistemas inteiros e avançam a uma velocidade exponencial.

No que tange a indústria têxtil e de confecção, as transformações vão desde o surgimento de novos materiais e meios de produção até mudanças no comportamento dos consumidores (BRUNO, 2017).

Diante desse cenário, o presente estudo busca responder questões acerca dos desafios e oportunidades que a Quarta Revolução Industrial traz para o setor têxtil e de confecção brasileiro.

1.1 PROBLEMA

Durante as últimas décadas, as vantagens competitivas da produção em série centrada no trabalho de baixo custo resultaram em um cenário em que a maior parte da produção têxtil e de confecção é realizada em países que oferecem mão-de-obra barata e leis pouco rigorosas (BRUNO, 2017). Em 2018, cerca de 73% dos produtos têxteis e confeccionados (exceto fibra de algodão) importados no Brasil, foram provenientes da China, Índia e Indonésia (ABIT, 2018).

No entanto, o cenário atual demonstra que o aumento dos custos e das incertezas econômicas e políticas, aliado ao desenvolvimento de novas estratégias competitivas baseadas na Indústria 4.0, poderão alterar a estrutura de toda a cadeia produtiva do setor (BRUNO, 2017).

Essas circunstâncias indicam a necessidade de investigação a respeito dos possíveis impactos da quarta revolução industrial no setor têxtil e de confecção brasileiro.

1.2 OBJETIVOS

A seguir são apresentados os objetivos que delimitam e orientam o desenvolvimento do estudo.

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo das tecnologias da quarta revolução industrial aplicadas no setor têxtil e de confecção brasileiro.

1.2.2 Objetivos Específicos

A colocação do objetivo geral permite definir os objetivos específicos a serem completados, delimitando a ordem cronológica de realização do trabalho:

- Contextualizar o setor têxtil e de confecção brasileiro na atualidade;
- Apresentar as principais tendências e tecnologias emergentes da Quarta Revolução Industrial;

- Analisar a aplicabilidade das tecnologias na indústria brasileira;
- Identificar os impactos das tecnologias no setor têxtil e de confecção.

1.3 JUSTIFICATIVA

A alteração das cadeias de produção e consumo - aliada a pressão imposta por ONGs, convenções e tratados internacionais, mudanças na legislação e maior consciência ambiental dos consumidores - coloca as indústrias do setor têxtil e de confecção em uma situação em que a geração de inovações sustentáveis é uma competência vital para sua sobrevivência (BRUNO, F; BRUNO, A., 2009). As tecnologias emergentes da Quarta Revolução Industrial vem de encontro a essa necessidade, trazendo grandes desafios e oportunidades para o setor.

No Brasil, a indústria têxtil e de confecção é composta por mais de 32 mil empresas presentes em todos os 27 estados. Concentradas na região Sudeste, constituem a quinta maior indústria têxtil do mundo e a quarta maior em confecção. A cadeia têxtil e de confecção integrada brasileira - composta desde a fiação até o varejo - é a maior no hemisfério ocidental, e possui enorme relevância social e econômica para o país (CNI, 2017). É, portanto, de interesse de todos os envolvidos que estratégias sejam formuladas de forma a garantir a sustentabilidade do setor.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO

De acordo com Lobo, Limeira e Marques (2014), o tear manual - máquina básica para tecelagem - teve sua origem na Antiguidade. Com o passar do tempo, significativas melhorias mecânicas foram realizadas. A criação do pedal, no início do século XVIII, permitiu a operação de vários conjuntos de máquinas simultaneamente. Novas tecnologias de acionamento dos quadros e inserção da trama - como a lançadeira, inventada por John Kay em 1733 - foram apenas os primeiros passos para mecanização da tecelagem, que tornou-se atividade predominante nos principais países da Europa. Em 1788, na Inglaterra, após inventar o tear a vapor, Edmund Cartwright construiu com James Watt o primeiro moinho têxtil movido a vapor. Essa invenção superou as máquinas movidas a água, permitindo que fossem construídas em qualquer lugar. Gradualmente os teares de madeira foram substituídos por teares de metal. Desde então, as mudanças tecnológicas promovidas nesses equipamentos tem o intuito de torná-los cada vez mais eficientes, rápidos e automatizados (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014; ABIMAQ, 2006).

Juntamente com aprimoramento do tear começaram a surgir diversos projetos de mecanização da costura de tecidos. Tradicionalmente, o processo de confecção era realizado de forma totalmente manual: artesãos recortavam, modelavam e costuravam os tecidos para confeccionar peças únicas (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014). Ao contrário do que se possa imaginar, a inovação não foi totalmente bem recebida pela população. Matos (2017) apresenta em seu artigo exemplos de movimentos ludistas - movimentos de resistência à utilização de máquinas em meio fabril - no mundo todo. Eram de grande preocupação para os operários as questões técnicas e morais trazidas pelas máquinas à indústria em geral, as quais se atribuía um grave prejuízo para o trabalhador. O avanço, porém, era inevitável.

Anos depois, em 1851, Isaac Merritt Singer registrou a patente da primeira máquina de costura de uso doméstico. Durante os anos subsequentes, Singer patenteou mais vinte aprimoramentos para seu projeto original (ALTMAN, 2010). Além do projeto e fabricação das máquinas, o inventor criou a primeira empresa em grande escala, inovando não só com seu produto mas também com campanhas de publicidade, vendas de máquinas por meio de parcelamento e a realização de contratos de serviço. A *Singer Corporation* é a maior

fabricante de máquinas de costura doméstica do mundo, presente em mais de cento e cinquenta países. O primeiro ponto de vendas Singer no Brasil foi aberto em 1858, no Rio de Janeiro (SINGER, 2015).

O primeiro registro histórico da existência de atividade manufatureira de tecidos no Brasil é a carta de Pero Vaz de Caminha. Tal documento indica que o algodão era tecido pelos índios antes da chegada dos portugueses. Ainda no início do período colonial, as regiões norte e nordeste do país contavam com uma rentável cultura algodoeira, ao passo que diversas manufaturas têxteis iniciavam-se no processo de industrialização. Esse processo, porém, não era de interesse dos portugueses. Em 1785, a operação das manufaturas têxteis foi interrompida pelo alvará da Rainha Maria I (FUJITA; JORENTE, 2015).

A transferência da corte portuguesa para o Rio de Janeiro em 1808 marca a abertura dos portos brasileiros para o comércio entre países. Tal liberação trouxe a globalização do mercado, causando um choque estrutural no setor. Atualmente, o Brasil vive uma invasão de produtos asiáticos em diversos setores da economia (FUJITA; JORENTE, 2015). De acordo com Bruno (2017), no período de 1994 a 2004, cotas que protegiam as indústrias de países ricos contra a entrada de produtos fabricados em países menos desenvolvidos e de menor complexidade econômica foram gradualmente eliminadas. Iniciou-se uma corrida por preços e custos cada vez mais baixos, culminando com a ascensão da China e demais países asiáticos. A partir desse contexto, a economia têxtil tomou caminhos não previstos, que alteraram as estruturas de produção e consumo de sua cadeia de valor. O surgimento do *fast fashion*, a elevação dos custos de trabalho, o surgimento de novas políticas de desenvolvimento, as mudanças nos hábitos de consumo da população e as incertezas políticas são alguns dos agentes que reduziram as vantagens competitivas da produção baseada no baixo custo. Com o desenvolvimento das tecnologias e o surgimento da internet, a informação passou a disseminar-se em tempo real a qualquer parte do mundo, transpondo a barreira física que compunha o principal fator limitador de acesso entre mercados e produtos.

Dessa forma, a fabricação têxtil que originalmente era um ofício manual praticado por tecelões e artesãos, fundamentada na tecelagem de tecidos a partir de fibras naturais, tornou-se a indústria têxtil moderna, que trabalha com diversas técnicas para produção, tingimento e acabamento de tecidos de fibras naturais e sintéticas. Tal processo de transformação acarretou profundas mudanças na vida das famílias e comunidades (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

Ao tornarem-se maiores, mais rápidas e complexas, as máquinas passaram a gerar novos riscos à saúde dos trabalhadores. Aos poucos novas preocupações surgiram, como realização de manutenções rigorosas nas máquinas, instalação de itens de segurança e fornecimento de equipamento de proteção individual (EPI) adequado para as atividades (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

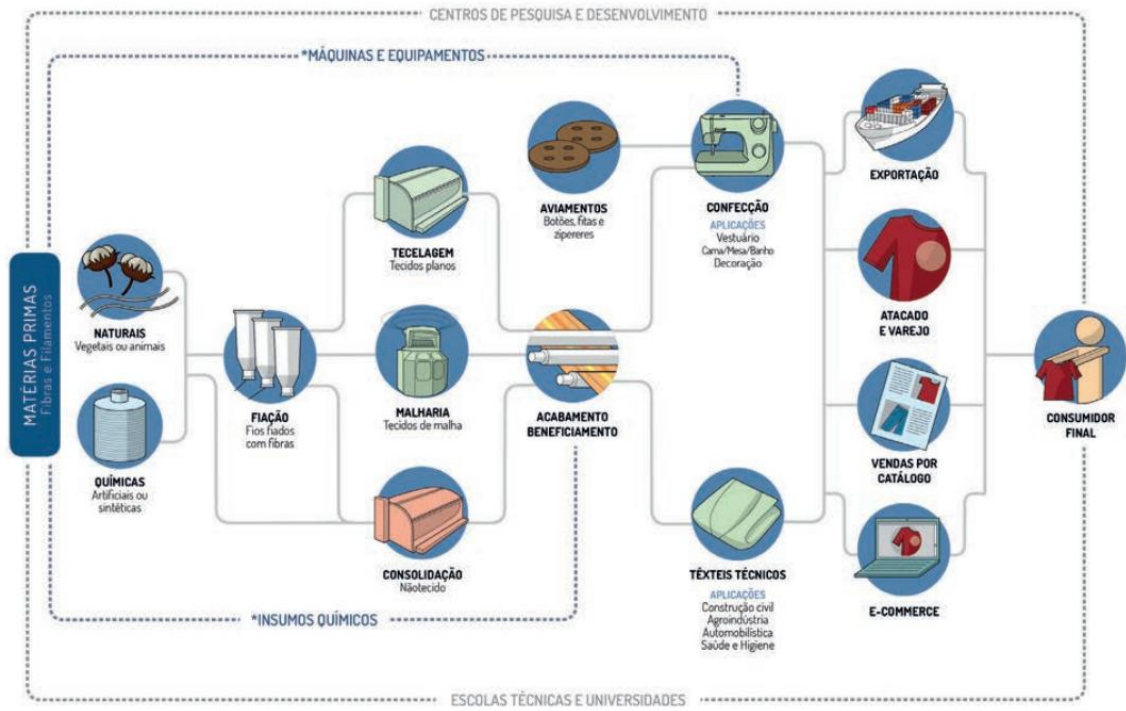
Além das mudanças causadas dentro das fábricas, as revoluções industriais também fizeram com que cada vez mais trabalhadores do campo viessem trabalhar nas cidades. Esse movimento trouxe consigo todos os males da urbanização, bem como problemas ambientais importantes.

Conhecida por ser uma das mais poluentes do mundo, a indústria têxtil tem potencial de causar diversos impactos ambientais devido às substâncias tóxicas liberadas na atmosfera e em águas residuais. Apesar de, muitas vezes, não possuírem toxicidade, odores desagradáveis nos arredores de fábricas têxteis causam desconforto na população. A contaminação das águas por corantes não fixados constitui um significativo problema ambiental, e causa riscos potenciais à vida humana, à fauna e flora. Não somente durante a sua produção, mas também durante a lavagem doméstica de peças têxteis, os corantes reativos utilizados saem com a água residual (ALMEIDA; DILARRI; CORSO, 2016). Esse é um dos diversos problemas ambientais causados pela indústria têxtil e de confecção, servindo para ilustrar a importância de que os avanços tecnológicos e inovações sejam voltados para o desenvolvimento sustentável do setor.

2.2 O SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO BRASILEIRO

O setor têxtil e de confecção abrange toda a cadeia de valor desde a fiação das fibras e fabricação dos tecidos naturais e sintéticos, passando por estamparia, fabricação dos aviamentos, confecção e venda dos produtos finais (Figura 1).

Figura 1 - Estrutura da cadeia produtiva e de distribuição têxtil e de confecção



Fonte: CNI (2017).

A indústria têxtil e de confecção brasileira é uma das poucas que se inicia na produção ou cultivo das fibras, resultando em uma infinidade de produtos têxteis que são consumidos não só pelos consumidores finais, mas também por outros setores industriais (CNI, 2017). A avaliação do tamanho do mercado consumidor nacional permite compreender o potencial que o país possui para ser um grande importador de fibras naturais e sintéticas. Apesar disso, o Brasil ocupa a 25ª posição entre os países que mais realizam importações. Isso acontece porque o país possui uma cadeia de valor verticalizada, em que a produção é predominantemente voltada para o abastecimento interno. Consequentemente, a maior parte da matéria-prima utilizada pela indústria em questão é proveniente do mercado interno (CNI, 2017).

Devido a diversidade de suas operações e aplicabilidade de seus produtos, as empresas do setor têxtil e de confecção estão sujeitas a aspectos regulatórios nacionais e internacionais. Nacionalmente, em se tratando de políticas ambientais, cita-se: o Código Florestal; a Política Nacional do Meio Ambiente; o Licenciamento Ambiental; a Política Nacional dos Recursos Hídricos; a Política Nacional dos Resíduos Sólidos; e a Política de Responsabilidade

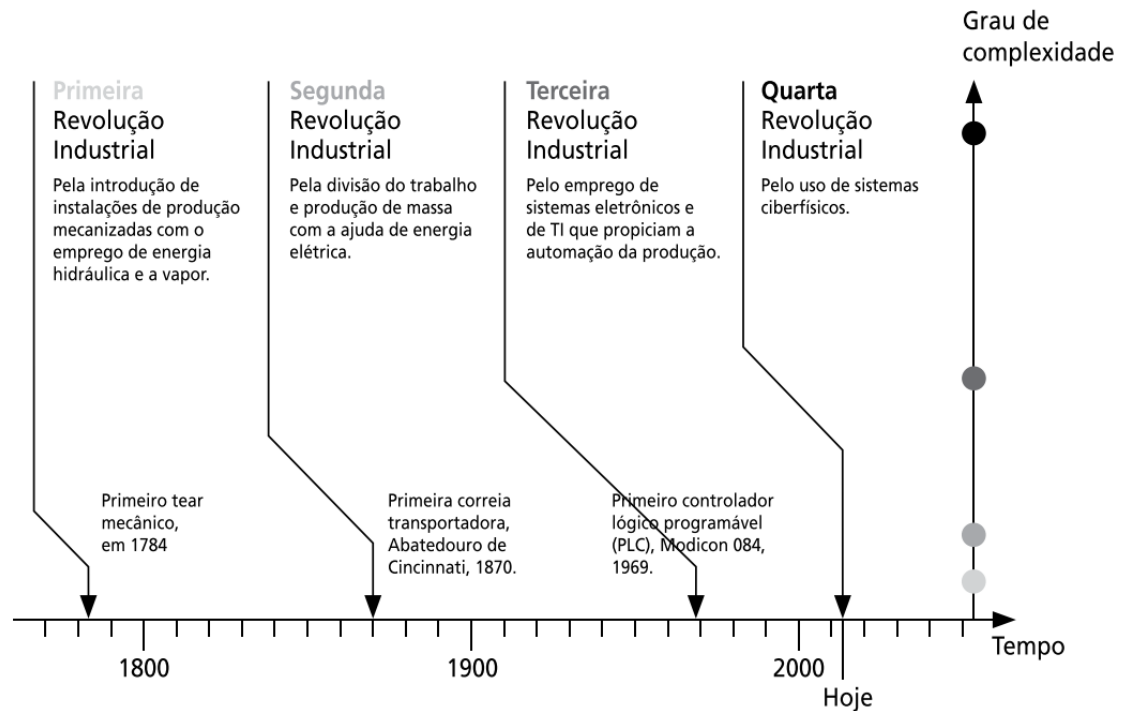
Socioambiental. Empresas que desejam realizar exportação de seus produtos também devem cumprir regulamentos internacionais. Nos Estados Unidos e União Europeia, certificados de conformidade são exigido a todos os fabricantes de produtos voltados ao público infantil, com a finalidade de garantir sua segurança. Ainda na União Europeia, o regulamento de Registro, Avaliação e Autorização de Substâncias Químicas é obrigatório a todas as empresas que produzem ou importam substâncias químicas, incluindo as de artigos têxteis e de vestuário (CNI, 2017). As políticas e regulamentos citados demonstram a preocupação dos governos e da sociedade com as questões ambientais. O surgimento de novas tecnologias pode contribuir com o desenvolvimento de uma produção industrial mais eficiente e sustentável.

Conforme citado anteriormente, as indústrias têxtil e de confecção brasileiras estão entre as maiores do mundo, constituindo um setor que conta com mais de 32 mil empresas em território nacional, e gera direta e indiretamente mais de 6 milhões de empregos. Pode-se observar que há sempre uma atividade relacionada ao setor, mesmo nas mais distantes e pequenas cidades. Essa característica é vista como fator competitivo, e demonstra a importância do setor nos quesitos de empregabilidade, bem-estar social e responsabilidade ambiental (CNI, 2017).

2.3 A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Expressão cunhada por Klaus Schwab, fundador e presidente executivo do Fórum Econômico Mundial, a Quarta Revolução Industrial é uma mudança de paradigma que vem transformando as relações de consumo no mundo todo (ORTEGA, 2019). Apesar de alguns estudiosos considerarem que as inovações são apenas mais um aspecto da Terceira Revolução Industrial, Schwab (2016) elenca três características que distinguem a revolução em curso das demais: a velocidade exponencial, a amplitude e profundidade sem precedentes, e o impacto sistêmico que envolve a transformação de sistemas inteiros. Schwab defende que as tecnologias e possibilidades oriundas da nova revolução tecnológica transformarão toda a humanidade, alterando profundamente a maneira como vivemos. A fusão dos mundos físico, digital e biológico é uma das ilimitadas possibilidades trazidas por essa transformação. A Figura 2 explicita algumas características das quatro Revoluções Industriais, organizando-as em uma linha do tempo e indicando o elevado grau de complexidade da Quarta Revolução em relação às demais.

Figura 2– As Revoluções Industriais



Fonte: BRUNO (2017).

Para Bruno (2017), os avanços tecnológicos esperados tornarão obsoletas as atuais rotinas e operações de manufatura. Schwab (2016) cita o fato de que, atualmente, é possível gerar riquezas utilizando muito menos mão-de-obra do que há uma década atrás, pois os custos das empresas digitais tendem a zero. O autor revela que, como resultado dessa transformação, os provedores de capital intelectual e físico serão os grandes favorecidos da Quarta Revolução Industrial.

Hermann, Pentek e Otto (2015) colocam que o fascínio pela Quarta Revolução "se deve ao fato de que, pela primeira vez, uma revolução industrial é antecipada em vez de ser identificada após sua ocorrência." Kelly (2018) argumenta que ao tentar-se enxergar as novidades do ponto de vista do que é velho, apenas se estende nossa perspectiva atual ao futuro a fim de enquadrar o novo dentro do que já conhecemos. Ao repassar as expectativas de sábios e estudiosos da década de 1980, o autor afirma que ninguém sequer sonhava com a riqueza de tecnologia que estaria ao nosso dispor atualmente. Schwab (2016) declara que as mudanças causadas pela quarta revolução industrial serão tão profundas, que nunca houve na história um momento tão promissor ou perigoso.

2.4 A INDÚSTRIA 4.0

Termo usado pela primeira vez na feira de Hannover, na Alemanha, em 2011, para descrever a revolução na organização das cadeias de valor globais, o termo Indústria 4.0 é frequentemente confundido com o conceito de Quarta Revolução Industrial. Apesar de haver pesquisadores que defendem e reproduzem esse equívoco, Schwab (2016) sustenta que tal concepção é errônea, visto que a Quarta Revolução possui escopo muito mais amplo do que apenas a transformação de sistemas e máquinas.

A Indústria têxtil está na dianteira da implementação da chamada Indústria 4.0. A Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2017) cita seis princípios normalmente associados ao conceito de Indústria 4.0: interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidade em tempo real, orientação para serviços e modularidade. Segundo Bruno (2017), interoperabilidade é o princípio pelo qual homens e máquinas conectam-se a Internet das Coisas (IoT), que conecta todos os sistemas *ciberfísicos* das plantas fabris tornando-os capazes de comunicar-se entre si. Com a virtualização, sistemas *ciberfísicos* serão capazes de monitorar processos a partir de dados coletados por sensores. A demanda crescente por produtos individualizados fará com que controles *ciberfísicos* tomem suas próprias decisões, ocasionando a descentralização. Devido ao fato de os dados serem constantemente coletados e analisados, o status das plantas fabris será rastreado em tempo real. Essa característica corresponde ao princípio da capacidade em tempo real, e permite o cumprimento de tarefas organizacionais e a reação a falhas. A orientação para serviços possibilita que serviços de outras empresas e sistemas sejam oferecidos pela IoT. O princípio da modularidade garante que os sistemas sejam capazes de adaptar-se a requisitos dinâmicos a partir da substituição e reposição de módulos (BRUNO, 2017). Ainda na visão de Bruno, a filosofia da Indústria 4.0 é alicerçada em três princípios essenciais: instantaneidade, individualização e autonomização. Todos os envolvidos nas redes de criação de valor disporão de informações sobre os processos em tempo real. As possibilidades de personalização de produtos e serviços serão ampliadas sem perdas ou restrições econômicas, e os sistemas de produção serão virtualizados e autonomizados. A adoção desses princípios resulta em ganhos exponenciais por meio da economia de tempo e de recursos, além da possibilidade de geração de valor em rede por meios ainda inexplorados.

3 METODOLOGIA

3.1 CENÁRIO

O presente trabalho realiza um estudo das novas tecnologias e tendências emergentes da Quarta Revolução Industrial, restringindo-se à análise daquelas com poder de impacto significativo no setor têxtil e de confecção. O estudo também investiga teoricamente as consequências dessas tecnologias e tendências no âmbito nacional, baseando-se em estudos e investigações previamente elaboradas por pesquisadores da área.

3.2 MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa está classificado de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação e Enquadramento da pesquisa

Classificação	Enquadramento
Natureza	Aplicada
Abordagem	Qualitativa
Objetivos	Descritiva

Fonte: Autora.

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

As informações foram compiladas principalmente por meio digital, com acesso a anais de eventos, páginas de associações e organizações, revistas virtuais, e-books e livros.

Primeiramente foi pesquisada em livros e artigos acadêmicos a história do setor têxtil e de confecção brasileiro. Após, foram compilados dados estatísticos e literatura para contextualização desse setor na atualidade.

Na etapa seguinte foi pesquisada literatura internacional para buscar os avanços mundiais advindos da Quarta Revolução Industrial. Em seguida, como delimitação prática, restringiu-se ao território brasileiro na questão de aplicações.

As informações compiladas durante o estudo são oriundas, entre outros, de documentos e publicações da Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção, do Fórum Econômico Mundial, da Confederação Nacional da Indústria, do Sindicato da Indústria Têxtil e de Confecção, da Federação Internacional da Indústria Têxtil e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 PRINCIPAIS TENDÊNCIAS E TECNOLOGIAS

Segundo Schwab (2016), os motivos pelos quais a Quarta Revolução Industrial provocará mais reações do que as Revoluções Industriais anteriores são a velocidade de ocorrência, amplitude e profundidade das transformações que modificarão sistemas inteiros. O pesquisador defende que a tecnologia e a digitalização revolucionarão o mundo alimentando uma mudança histórica sem precedentes.

Nessa seção são apresentadas as principais tendências e tecnologias emergentes da Quarta Revolução Industrial que possuem potencial de impacto significativo no setor têxtil e de confecção.

4.1.1 Hibridização

Groover (2017) define a manufatura como o processo de transformação de matérias-primas em produtos com maior valor agregado por meio de uma ou mais etapas de processamento e/ou montagem. Porém Bruno (2017) coloca que esse conceito tradicional de manufatura está se alterando, e certamente não será mais válido para a indústria têxtil e de confecção do futuro.

Bryson e Manyika (2013, 2017 apud BRUNO, 2017) citam a tendência da hibridização como sendo o embaçamento da distinção entre a manufatura e os serviços. Devido a forças disruptivas que alteram a economia global, empresas de produtos adotam novas abordagens estratégicas para se manter em posições competitivas. Orientadas pela inovação e desenvolvimento sustentável, as abordagens híbridas de criação de valor e o desenvolvimento de serviços orientados a produtos fazem dos sistemas produto-serviço uma forma de diferenciação competitiva (ANSEVICS et al., 2013).

A transfiguração da manufatura para um sistema híbrido produto-serviço é parte do processo de surgimento de novas formas de manufatura avançada, as quais Bruno (2017) chama de *knowledge-based manufacturing*, ou manufatura baseada em dados. Nessas, soluções de serviços combinados com produtos são ofertadas, criando novas formas de comunicação bilateral entre as empresas e os consumidores. Projetos de produtos acompanham projetos de novos serviços, e estes fornecem informações para o desenvolvimento de novos produtos, alimentando o ciclo de criação compartilhada. Assim, a sofisticação da produção permite maior aproximação do consumidor com os setores de projeto, pesquisa e desenvolvimento, distribuição e comercialização (BRUNO, 2017).

4.1.2 Têxteis inteligentes

O termo têxteis inteligentes é a tradução livre de *smart textiles*. Esse conceito foi apresentado pela primeira vez no Japão, em 1989. Porém, apenas no final da década de 1990 a utilização desses materiais no setor têxtil começou a ser estudada (FERREIRA, A; FERREIRA, F; OLIVEIRA, 2014). Conforme conceitua Bruno (2017), um tecido inteligente é definido pela sua capacidade de identificar e reagir a estímulos provenientes do ambiente.

No setor têxtil, novas tecnologias têm sido incorporadas à fabricação de fibras e têxteis, como a nanotecnologia aplicada aos fios (PERERA et al, 2013 apud BRITTO; KITAZAWA; PEPECE, 2019). Lima, Faria e Landim (2018) citam em seu estudo diversas características inovadoras de tecidos que são produzidos: propriedades antimicrobianas, proteção UV, secagem rápida, propriedades terapêuticas e termocrômicas. O estudo de Bruno (2017) menciona o tratamento e prevenção de doenças por meio de medicamentos com nanopartículas liberadas pelas roupas e a característica de repelir vetores transmissores de

doenças. A produção de roupas que se adaptam a condições corporais e climáticas é uma forte tendência para o setor, e revela o importante papel da moda nesse processo de inovação (AUDACES, 2019; AVELAR, 2011 apud FUJITA; JORENTE, 2015).

A pesquisa e desenvolvimento de tecidos com características voltadas para o monitoramento, controle e ação integra-se aos sensores, computação em nuvem e Internet das Coisas, oferecendo produtos e serviços com alto valor social e econômico (BRUNO, 2017). Ao incorporar materiais e tecnologias de base eletrônica como sensores, atuadores e condutores no processo de fabricação de têxteis e confecção, produtos tradicionais da indústria têxtil e de confecção passam a apresentar interfaces inteligentes. Essa integração leva o produto têxtil de um estado “passivo” ao status de estrutura interativa e inteligente, a qual chamamos de têxteis inteligentes (BRUNO, 2017; FERREIRA, A; FERREIRA, F; OLIVEIRA, 2014).

4.1.3 Internet das Coisas e Internet dos Serviços

Bilhões de dispositivos em todo o mundo estão atualmente conectados à internet. O vice-presidente de pesquisas da Gartner, Mark Hung, espera que em 2020 esse número chegue a 20 bilhões. A comunicação entre esses dispositivos através da internet dá origem à internet das coisas (IoT). De acordo com Schwab (2016), sensores integrados tornam os produtos autônomos, inseridos em um ecossistema onde podem interagir entre si e cooperar com componentes e dispositivos próximos. Segundo o pesquisador, essa é uma das principais pontes entre as aplicações físicas e digitais originadas pela quarta revolução industrial, e alterará radicalmente a maneira como gerenciamos as cadeias de fornecimento ao permitir aplicações como o controle e monitoramento remoto de ativos.

Semelhante à IoT, a internet dos serviços (IoS) consiste na criação de uma rede de recursos, informações, pessoas e objetos que permite aos fornecedores de serviços atenderem seus clientes pela internet, através de múltiplos canais (BRUNO, 2017).

4.1.4 Big Data

Introduzido pela primeira vez em 2005 por Roger Magoulas, o termo Big Data é usado para definir uma grande quantidade de dados os quais as técnicas tradicionais de análise não conseguem processar devido ao seu volume e complexidade (BLEI et al, 2017; GALDINO, 2016; ULARU et al, 2012). Segundo a gigante da tecnologia IBM (2012 apud ULARU et al, 2012) o Big Data é definido por quatro aspectos: volume, velocidade, variedade e veracidade. O grande volume de dados de variedade infinita, estruturados e não estruturados, deve ser analisado com potência de processamento suficiente para que as informações disponibilizadas permitam resposta imediata. A veracidade dos dados implica no aumento do grau de confiança nas informações coletadas e, conseqüentemente, na confiança a respeito das ações tomadas.

4.1.5 Inteligência artificial e visão de máquina

De acordo com Bruno (2017), a evolução da Inteligência Artificial é essencial para que as máquinas e dispositivos se tornem autônomos. Devido ao volume e complexidade crescente dos dados citados na seção anterior, é evidente a necessidade de ferramentas computacionais sofisticadas e mais autônomas, reduzindo a dependência de intervenção humana e análise de especialistas (FACELI et al, 2011).

Conforme Faceli et al (2011), para que isso seja possível tais ferramentas devem ser capazes de criar hipóteses por si próprias e resolver problemas a partir de experiências passadas. A esse processo indutivo de criação de hipóteses ou aproximação de funções a partir de dados históricos é dado o nome de aprendizado de máquina (AM), e é considerado essencial para o comportamento inteligente dos programas.

Ainda no campo do processamento de informações, a visão computacional é definida por Mello (2007) como “a transformação de um conjunto de dados digitais em uma estrutura de dados descrevendo a semântica deste conjunto de dados em um contexto qualquer.” Segundo a pesquisadora, essa é uma área da ciência que se propõe a desenvolver teorias, métodos e técnicas para extrair informações úteis de imagens capturadas através de sistemas computacionais. Desse modo, os dispositivos com recurso de captação de imagem são

capazes de interpretar as imagens captadas, gerando dados que antes só poderiam ser extraídos de forma semelhante por humanos.

4.1.6 Manufatura aditiva

A manufatura aditiva, popularmente chamada de impressão 3D é definida por Schwab (2016) como a criação de um objeto físico por meio da deposição de materiais em camadas, a partir de um modelo digital em 3D. Ao contrário dos bens manufaturados produzidos em massa a partir da manufatura subtrativa – método de produção amplamente utilizado atualmente – os produtos fabricados através de processos aditivos podem ser facilmente personalizados sem perder as vantagens da produção em larga escala.

No setor têxtil e de confecção, a possibilidade de fabricação de produtos com padrões complexos trazida pelos processos de produção aditiva permitem a flexibilidade necessária na confecção de roupas e artigos têxteis (LOUIS-ROSEMBERG, 2015 apud BRUNO, 2017). Iniciativas como o *Nervous System* - estúdio de design em Nova Iorque fundado por Jessica Rosenkrantz e Jesse Louis-Rosenberg – desenvolvem projetos de design inovadores mesclando arte com ciência e tecnologia (NERVOUS SYSTEM, 2019). Pesquisas e experimentações com produtos têxteis e de vestuário ganham força, e marcas como Adidas, Nike, Under Armour e New Balance utilizam tecnologias de manufatura aditiva na criação de protótipos. No design de moda, a estilista holandesa Iris van Herpen é considerada pioneira em experimentações com essa tecnologia que, segundo a Audaces (2019), será adotada por um número crescente de empresas em seus processos produtivos.

4.1.7 Individualização e personalização

Para Bruno (2017) a principal tendência sociotécnica que marcará o futuro da manufatura é a individualização e personalização dos produtos. A Audaces (2019) também cita essa tendência em seu estudo, ao afirmar que os consumidores da Quarta Revolução querem adquirir produtos e serviços personalizados, de forma ágil e em acordo com os valores que eles defendem. Dickens, Kelly e Williams (2013) defendem que, quando as técnicas de

personalização atingirem a fabricação de produtos de uso diário, produzidos em larga escala, ocorrerá o verdadeiro impacto econômico da customização em massa.

A personalização da demanda causa uma profunda reestruturação no relacionamento entre as empresas e o consumidor. O princípio de produção baseado na integração do consumidor com o sistema produtivo por meio de tecnologias de projeto, produção, comercialização, prestação de serviços, comunicação e informação é chamado de Manufatura Social, e sua característica principal é a viabilidade da produção individual e personalizada, no lugar da produção em massa (SHANG et al, 2013).

4.1.8 Modelagem e simulação virtual

O desenvolvimento dos sistemas CAD em 3D avança em busca de modelos mais realistas e mecanicamente precisos (BRUNO, 2017). Corso, Casagrande e Santos (2016) acreditam que o setor de confecção se beneficia dos sistemas CAD pois eles possibilitam a redução do tempo despendido nas tarefas de modelagem e encaixe dos moldes para corte sem que haja investimento expressivo em capacitação dos colaboradores.

Aliado à simulação do comportamento de tecidos e roupas, a tecnologia de escaneamento corporal propicia a criação de avatares virtuais: a prova das roupas pode ser feita a partir de um modelo virtual do corpo da pessoa, e não depende da utilização de câmeras e sensores de movimento. Diversas empresas estudam e desenvolvem tecnologias que facilitam a experimentação e desenvolvimento colaborativo de peças de vestuário. Entre elas, destaca-se a empresa americana Naked Labs, que comercializa produtos de escaneamento corporal para uso doméstico (NAKED LABS, 2018).

No setor de confecção, a empresa brasileira Audaces se destaca desenvolvendo e comercializando soluções sustentadas nos princípios da Indústria 4.0. Em seu portfólio constam softwares e equipamentos que permitem a virtualização dos processos de desenvolvimento e modelagem de roupas, automatização do enfiado e corte de tecidos, entre outras soluções (AUDACES, 2019).

4.1.9 Sistemas ciberfísicos e mini fábricas

Apesar da maioria da população não ter conhecimento e nem mesmo os dicionários reconhecerem essa expressão, Bruno (2017) revela que já vivemos em um mundo *ciberfísico*. Gomes (2016 apud SILVA, 2018) os define como sistemas automatizados que conectam as operações físicas com estruturas computacionais e de comunicação. A fusão do mundo cibernético com mundo físico permite a criação de uma cópia virtual dos componentes físicos, através da digitalização dos dados gerados pelos mesmos (ALCÁCER; CRUZ-MACHADO, 2019). Ao contrário dos sistemas embarcados tradicionais, projetados para trabalhar de forma autônoma, os sistemas *ciberfísicos* são projetados para trabalhar em rede e, constituídos de elementos inteligentes, podem ter autonomia na tomada de decisões (ALCÁCER; CRUZ-MACHADO, 2019; SILVA, 2018). Utilizando sensores para capturar dados, diversos sistemas interligados em rede possibilitam o controle remoto das instalações físicas - como plantas industriais - através de atuadores.

Assunto principal da Texprocess 2019 - maior feira do mundo do setor têxtil, realizada em Frankfurt, na Alemanha - as minifábricas são definidas por Bruno (2017) como unidades de instalação fabris modulares, com processos integrados e totalmente automatizados, de pequenas dimensões e com possibilidade de mobilidade. Durante a Texprocess 2019, foram apresentados diversos modelos de mini fábricas: fabricação de vestuário, sapatos de malha 3D, processamento de têxteis técnicos e fabricação de produtos com têxteis inteligentes (SEILER, 2019). Nos Estados Unidos, a *startup Apparel Made for You (AM4U)* desenvolveu uma mini fábrica na qual a manufatura é ativada pela compra, inspirando a construção de uma mini fábrica semelhante no campus do Senai Cetiqt, no Rio de Janeiro (FANTIN, 2017). A empresa americana *SoftWear Automation* desenvolve e comercializa linhas de produção autônomas para o setor de confecção, permitindo aos fabricantes produzirem localmente, aproximando as cadeias de suprimentos e criando produtos de alta qualidade a preços baixos (SOFTWEAR, 2019). Seiler (2019) destaca que a abordagem das mini fábricas aplicadas ao setor têxtil e de confecção torna a produção ágil e flexível, possibilitando a produção local de produtos individualizados.

4.1.10 Tendências comportamentais

Estudos sugerem que os clientes da Quarta Revolução não buscam apenas o preço baixo dos produtos: eles se preocupam com questões ambientais, de sustentabilidade e responsabilidade social (AUDACES, 2019; BRUNO, 2017). Esses consumidores mais informados e mais conscientes não buscam apenas um produto, eles buscam uma experiência de consumo e se identificam com as empresas de acordo com seus valores (AUDACES, 2019). Por isso, é importante que as empresas consigam transmitir seus valores através de seu produto, da experiência de compra e das campanhas de marketing.

4.2 IMPLICAÇÕES NO SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO

Segundo Bruno (2017), as tecnologias que alterarão profundamente o setor têxtil e de confecção carecem de um estudo extenso e cuidadoso. De acordo com Berglin (2013), o desenvolvimento de novas fibras e tecidos e de estruturas eletrônicas miniaturizadas permite o surgimento de produtos que integram tecnologias e implementam capacidades de comunicação. No âmbito das tecnologias vestíveis, o principal conceito que se aplica é a integração da Eletrônica com as roupas. A ampla gama de têxteis multifuncionais citados anteriormente abre caminhos para uma infinidade de tecnologias vestíveis ainda inexploradas (TAO, 2005 apud BRUNO, 2017), permitindo às empresas atender necessidades dos consumidores que antes eram atendidas por produtos de outros setores.

A visão de máquina impulsiona o desenvolvimento de dispositivos que realizam tarefas complexas de manufatura (MELLO, 2007), conforme podemos observar em produtos como os da *SoftWear Automation*. O desenvolvimento de sistemas CAD em 3D, combinado com tecnologias de simulação e customização simplificam o processo de produção e tornam a confecção mais eficiente, reduzindo os custos de produção em baixa escala (BRUNO, 2017). Assim, Bruno (2017) espera que os projetos de minifábricas locais passem a atrair investimentos que antes eram voltados para a produção em países de baixo custo, fazendo com que a manufatura retorne aos países de alta complexidade econômica.

O avanço dos sistemas *ciberfísicos*, de acordo com Bruno (2017) permitirá o aumento da capacidade produtiva, da flexibilidade, versatilidade e segurança dos sistemas de produção.

Simuladores permitirão a manipulação dos parâmetros, virtualizando processos de criação, montagem e processamento (PEASE, 2014 apud BRUNO, 2017). O apoio das tecnologias de computação em nuvem, a integração do consumidor no processo de manufatura e a análise de dados para previsão de tendências ajudam a eliminar os efeitos indesejáveis de cauda longa e reduzem o tempo de espera entre coleções (AUDACES, 2019; BRUNO, 2017).

Dugenske e Louchez (2014 apud BRUNO, 2017) consideram que o desenvolvimento de sistemas produtivos autônomos deve permitir que a força de trabalho humana seja focada em atividades que requerem capacidades pouco exploradas na seleção e qualificação dos trabalhadores, como análises e otimizações. O estudo de Frey e Osborne (2013) mostra a probabilidade de automatização de diversas ocupações, indicando que, nos próximos anos, o mercado de trabalho precisará de indivíduos cada vez mais capacitados e com habilidades que não sejam substituídas por máquinas, como pensamento analítico, crítico, e criatividade (PORATH; TRAVASSOS JÚNIOR; TILP, 2019). A probabilidade de automatização das ocupações relacionadas ao setor têxtil e de confecção foram compiladas e são apresentadas no Apêndice A.

4.3 DESAFIOS NO CENÁRIO BRASILEIRO

Diversos autores (BRUNO, 2017; DALENOGARE et al, 2019; RIBEIRO, 2019; SILVA; VASCONCELOS; CAMPOS, 2019) apontam uma importante questão a respeito da adoção dos princípios da Indústria 4.0 no setor têxtil e de confecção: a acessibilidade de pequenas empresas. As tecnologias emergentes necessitam altos investimentos e assunção de riscos. Esse é um fator importante, pois as micro e pequenas compõem uma parcela expressiva das empresas do setor no Brasil (IEMI, 2016 apud CNI, 2017). Como alternativa para contornar esse problema, Kusiak (2017) e McKinsey (2015 apud DALENOGARE et al, 2019) sugerem que as fábricas sejam compartilhadas em um modelo onde as empresas não as possuem, mas alugam a capacidade produtiva das instalações de acordo com suas necessidades. As soluções trazidas pelas tecnologias emergentes da Quarta Revolução podem auxiliar a inserção das empresas no mercado, mas é necessário que a filosofia da Indústria 4.0 esteja presente em diversos setores - inclusive nas instituições de pesquisa e desenvolvimento

- para que modelos de negócio mais ágeis, dinâmicos e versáteis se desenvolvam (BRUNO, 2017; DALENOGARE et al, 2019).

A escassez de mão de obra qualificada e a divergência entre as competências necessárias e as ensinadas nas instituições de ensino também são citadas como dificuldades a serem enfrentadas (BRUNO, 2017; MAGALHÃES; VENDRAMINI, 2018; PORATH; TRAVASSOS JÚNIOR; TILP, 2019; RIBEIRO, 2019). Dalenogare et al (2019) cita a resistência por parte da gerência em aceitar soluções inovadoras, já que essas causariam impactos estruturais nas empresas. Também é apontada a falta de clareza sobre os benefícios e retornos dos investimentos como uma barreira para essa transformação (CNI, 2016 apud DALENOGARE et al, 2019; SILVA; VASCONCELOS; CAMPOS, 2019). Kusiak (2017) diz que as pesquisas acadêmicas em sua maioria apenas tangenciam as necessidades das indústrias, que carecem de guias e explicações mais práticas e realistas. Porath, Travassos Júnior e Tilp (2019) acrescentam o perfil altamente teórico dos cursos universitários - muitos com currículos defasados - e a limitação das formas de cooperação entre as instituições de ensino e as indústrias como obstáculos ao desenvolvimento da indústria brasileira. Para os autores, essas questões devem ser resolvidas pela cooperação entre iniciativas públicas e privadas, mas encontram dificuldade na falta de cultura inovadora e empreendedora por parte dos empresários, na alta burocracia por parte das universidades, e na falta de continuidade dos programas públicos de fomento à pesquisa.

Amparado pela Internet das Coisas e pelo desenvolvimento de novos sensores e atuadores, o Big Data será um fator estratégico importante na integração das fábricas no futuro, atraindo grandes investimentos para a manufatura (BRUNO, 2017). Porém, Kusiak (2017) afirma que o Big Data está muito longe de transformar a manufatura, pois as empresas não estão preparadas para captar, analisar, interpretar e compartilhar dados. Ao mesmo tempo, questões a respeito da infraestrutura de telecomunicações e protocolos de comunicação devem ser consideradas, no que estabelecem uma barreira para a implantação dos sistemas *ciberfísicos* (DALENOGARE et al, 2019; FIRJAN, 2019; SEIF; TORO; AKHTAR, 2019).

Apesar dos esforços de diversas instituições e associações para acelerar o desenvolvimento, a indústria brasileira ainda responde ao modo de produção da Segunda e Terceira Revoluções Industriais, aplicando as tecnologias digitais e de automação de forma tímida e isolada (FIRJAN, 2016 apud RIBEIRO, 2019; PORATH; TRAVASSOS JÚNIOR; TILP, 2019). O relatório do Índice Global de Inovação de 2019 indica que o Brasil, apesar de

ser a maior economia da América Latina, ocupa a 66ª posição no ranking de inovação (DUTTA; LANVIN; WUNSCH-VINCENT, 2019). É preciso vencer esse *gap* para que a indústria brasileira possa ter competitividade no mercado global (CNI, 2016 apud SILVA; VASCONCELOS; CAMPOS, 2019).

Mesmo que a indústria e a sociedade apresentem elevada capacidade de adaptação, Matos (2017) defende que reações antitecnológicas podem surgir. Ainda que não se encontrem aspectos negativos na tecnologia, os indivíduos receiam o impacto da mudança, valorizando o que já é conhecido e compreendido. Movimentos antitecnologistas são geralmente associados a ações contra o desemprego, o desequilíbrio entre esforços e resultados, a falta de humanização e a inadequação para o desempenho de novas tarefas que possam surgir com a tecnologia. Diversos movimentos pacifistas e ambientalistas defendem o combate à tecnologia como meio de atingir seus objetivos. O fato de grande parte da mão-de-obra ser substituída pela alta tecnologia permite a criação de novas áreas de trabalho, em que os trabalhadores desempenham tarefas em menos tempo, garantindo-lhes a disponibilidade para outras ocupações. Matos (2017) conclui que a máquina não deverá ser vista apenas como substituta do homem, mas como uma aliada em sua libertação, possibilitando a realização de outros afazeres.

5 CONCLUSÃO

A adoção das tecnologias baseadas nos princípios e tendências da Quarta Revolução Industrial pelo setor têxtil e de confecção brasileiro não se mostra uma tarefa simples. Para evitar a perda de competitividade e aliviar o choque do impacto das tecnologias emergentes da Quarta Revolução, é necessário repensar os modelos de ensino, pesquisa, formação de profissionais, modelos de gestão de negócios e políticas públicas e romper com os preceitos ultrapassados. As mudanças estruturais não são apenas desejáveis, mas imperativas: o atraso no desenvolvimento de políticas e estratégias adequadas pode intensificar as barreiras enfrentadas pelo setor no cenário nacional e global.

Apesar da inquietação que a Quarta Revolução Industrial traz, são vastas as oportunidades para aumentar a competitividade do setor têxtil e de confecção brasileiro. O uso intensivo das tecnologias da Quarta Revolução aumenta a eficiência das operações, reduz riscos e custos, elimina perdas por desperdício de materiais e de tempo, traz autonomia para os processos de produção, aproxima consumidores e fornecedores e otimiza a utilização de recursos contribuindo com a sustentabilidade do setor e permitindo às empresas atenderem com eficiência uma infinidade de segmentos de mercado. Porém, essas mudanças não acontecem de forma gradual e previsível, apenas com a automatização e digitalização dos processos existentes. Além de exigirem novas competências dos trabalhadores, as novas oportunidades também exigirão que os empresários envolvidos tenham visão estratégica de longo prazo.

REFERÊNCIAS

ABIMAQ. Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos. **A história das máquinas**. São Paulo: Magma, 2006. Disponível em: <<http://www.abimaq.org.br/Arquivos/Html/Publica%C3%A7%C3%B5es/Livro-A-historia-das-maquinas-70-anos-Abimaq.pdf>>. Acesso em 24 jun. 2019.

ABIT. Superintendência de Políticas Industriais e Econômicas. **Importações brasileiras de produtos têxteis e confeccionados por país**. 2018. Disponível em: <<http://www.abit.org.br/uploads/arquivos/IMP%20POR%20PAIS%20201812.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

ALCÁCER, V; CRUZ-MACHADO, V. Scanning the industry 4.0: a literature review on technologies for manufacturing systems. **Engineering Science and Technology, an International Journal**, v. 22, n. 3, p. 899-919, jun. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006>>. Acesso em: 26 out. 2019.

ALMEIDA, E. J. R. de; DILARRI, G; CORSO, C. R. **A indústria têxtil no Brasil**: Uma revisão dos seus impactos ambientais e possíveis tratamentos para os seus efluentes. Artigo científico publicado no Boletim das Águas, do projeto Conexão Água, desenvolvido pela 4ª Câmara de Coordenação de Revisão do Ministério Público Federal. Rio Claro, 2016. Disponível em: <<http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/boletim-das-aguas/artigos-cientificos/a-industria-textil-no-brasil-uma-revisao-dos-seus-impactos-ambientais-e-possiveis-tratamentos-para-os-seus-efluentes>>. Acesso em: 25 out. 2019.

ALTMAN, M. Hoje na História: 1851 - É inventada a máquina de costura. **Opera Mundi**, São Paulo, 12 ago. 2010. Disponível em: <<https://operamundi.uol.com.br/politica-e-economia/5633/hoje-na-historia-1851-e-inventada-a-maquina-de-costura>>. Acesso em: 24 jun. 2019.

ANSEVICS, E. et al. Product enabled services' potential for sustainable growth: an empirical study. XXIV ISPIM Conference, Jun., 2013, Helsinque, Finlândia. **Anais Eletrônicos...** Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/313293666_Product_enabled_services'_potential_for_sustainable_growth_An_empirical_study>. Acesso em: 25 out. 2019,

AUDACES. **Inovação na Criação de Moda para Indústria**: previsões até 2025. Florianópolis, set. 2019. Disponível em: <<https://www.audaces.com/materiais-educativos/>>. Acesso em: 26 out. 2019.

BERGLIN, L. Smart Textiles and Wearable Technology - A study of smart textiles in fashion and clothing. **Relatório do Baltic Fashion Project**, publicado pela Escola Sueca de Têxteis. Borås, 2013. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/7a0b/01c5aaec9fb2e66821abe5df688297e9888d.pdf?_ga=2.158953342.538988596.1572008963-311015266.1572008963>. Acesso em: 25 out. 2019.

BLEI, D. et al. Big Data. Communications of the ACM, v. 60, n. 6, p. 24-15, jun. 2017. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com.ez47.periodicos.capes.gov.br/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=123446089&lang=pt-br&site=ehost-live>>. Acesso em: 27 out. 2019.

BRITTO, L. R. G. de; KITAZAWA, H. M; PEPECE, O. M. C. O uso da nanotecnologia na indústria têxtil para inovar na moda gestante. **Revista Brasileira de Gestão e Inovação**, v. 6, n. 2, jan./abr. 2019. Disponível em: <<http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/RBGI/issue/view/265>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

BRUNO, F. da S; BRUNO, A. C. M. O papel do setor têxtil e de confecção brasileiro na liderança de um modelo sustentável de desenvolvimento. **Revista Produção Online**: v.9, n.3, p. 551-571, set. 2009. Disponível em: <<http://www.producaoonline.org.br/index.php/rpo/article/view/319/496>>. Acesso em: 11 abr. 2019.

BRUNO, F. da S. **A quarta revolução industrial do setor têxtil e de confecção**: a visão de futuro para 2030. 2. ed. São Paulo, Estação das Letras, 2017.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **O setor têxtil e de confecção e os desafios da sustentabilidade**. Brasília, 2017. Disponível em: <https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/bb/6f/bb6fdd8d-8201-41ca-981d-deef4f58461f/abit.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2019.

CORSO, P. Z; CASAGRANDE, H. G; SANTOS, H. H. de O. O uso da tecnologia CAD 3D na indústria de confecção. **Revista Eletrônica de Moda**, v. 4, n. 2, 2016. Disponível em: <<http://www.fumec.br/revistas/achiote/article/view/4799>>. Acesso em: 28 out. 2019.

DALENOGARE, L. S. et al. O impacto da indústria 4.0 no modelo de negócios de empresas de automação brasileiras. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 11, n. 21, p. 1-13, Florianópolis, 2019. Disponível em: <<http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/view/v11n2101>>. Acesso em: 8 nov. 2019.

DICKENS, P. KELLY, M. WILLIAMS, J. R. What are the significant trends shaping technology relevant to manufacturing? **Future of Manufacturing project**, evidence paper n. 6. Foresight, The Government Office for Science, Londres, out., 2013. Disponível em: <https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/277164/ep6-technology-trends-relevant-to-manufacturing.pdf>. Acesso em: 27 out. 2019.

DUTTA, S; LANVIN, B; WUNSCH-VINCENT, S. **Global Innovation Index 2019**, v. 12, 2019. Disponível em: <https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2019/>. Acesso em: 29 out. 2019.

FACELI, K. et al. **Inteligência Artificial: Uma abordagem de aprendizagem de máquina**. Rio de Janeiro, LTC, 2011.

FANTIN, E. Piloto de fábrica de confecção digital está em operação no Brasil. **Boletim Setorial FIEP**, out. 2017. Disponível em: <<http://www.fiepr.org.br/boletins-setoriais/5/especial/piloto-de-fabrica-de-confeccao-digital-esta-em-operacao-no-brasil-2-32021-357859.shtml>>. Acesso em: 27 out. 2019.

FERREIRA, A. J. S; FERREIRA, F. B. N; OLIVEIRA, F. R. Têxteis inteligentes – Uma breve revisão de literatura. **Revista de design, inovação e gestão estratégica**: v. 5, n. 1, abr. 2014. Disponível em: <<http://texcontrol.com.br/wp-content/uploads/2016/02/Texteis-Inteligentes-Uma-breve-revisao-da-literatura-Texteis-inteligentes.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2019.

FIRJAN. **Indústria 4.0 no Brasil: oportunidades, perspectivas e desafios**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A6895B4030168EC48A78E023D>>. Acesso em: 29 out. 2019.

FREY, C. B; OSBORNE, M. A. The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? **Technological Forecasting and Social Change journal**, v. 114, jan. 2013. Disponível em: <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf>. Acesso em: 30 out. 2019.

FUJITA, R. M. L; JORENTE, M. J. A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural. **Revista ModaPalavra e-Periódico**: v.8, n.15, p. 153-174, jan./jul. 2015. Disponível em: <<http://www.revistas.udesc.br/index.php/modapalavra/article/download/5893/4139>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

GALDINO, N. Big Data: Ferramentas e Aplicabilidade. XIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2016, Resende, RJ. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos16/472427.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2019.

GROOVER, M. P. **Fundamentos da Moderna Manufatura**. 5. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2017.

HERMANN, M; PENTEK, T; OTTO, B. **Design principles for Industrie 4.0 scenarios: a literature review**. Working Paper, n. 1, jan, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/307864150_Design_Principles_for_Industrie_40_Scenarios_A_Literature_Review>. Acesso em: 29 out. 2019.

KELLY, K. **Inevitável: As 12 forças tecnológicas que mudarão nosso mundo**. São Paulo, Alta Books, 2018.

LIMA, M. J. A de; FARIA, J. R. G de; LANDIM, P da C. Têxteis inteligentes e conversão de tecnologia – propondo um bate-papo. 14º Colóquio de Moda, Set., 2018, Curitiba, PR. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.coloquiomoda.com.br/anais/Coloquio%20de%20Moda%20-%202018/Grupos%20de%20Trabalho/GT%2009%20-%20Moda%20e%20Tecnologia/Marcos%20Jos%C3%A9%20Alves%20de%20Lima%20-%20T%C3%A9xteis%20Inteligentes%20e%20Convers%C3%A3o%20de%20Tecnologia%20e%20Revendo%20um%20pouco%20da%20hist%C3%A9ria.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2019

LOBO, R. N; LIMEIRA, E. T. P; MARQUES, R. N. **Fundamentos da tecnologia têxtil: da concepção da fibra ao processo de estamparia**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.

MAGALHÃES, R; VENDRAMINI, A. Os impactos da quarta revolução industrial. **GV Executivo**: v.17, n.1, p. 40-43, jan./fev. 2018. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/gvexecutivo/article/viewFile/74093/71080>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

MATOS, P. F. Homo technologicus? Desafios trazidos pela tecnologia no passado e no presente. **Trabalhos de Antropologia e Etnologia**: v.57, p. 13-28, jun. 2017. Disponível em: <<https://revistataeonline.weebly.com/uploads/2/2/0/2/22023964/patriciamatos.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

MELLO, L. S de. A inteligência artificial na evolução da tecnologia da visão computacional em proteção do meio ambiente. Simpósio internacional de ciências integradas UNAERP, nov., 2007, Guarujá, SP. **Anais eletrônicos...** Disponível

em:<<https://www.unaerp.br/documentos/993-a-inteligencia-artifical-na-evolucao-da-tecnologia/file>>. Acesso em: 26 out. 2019.

NAKED LABS. Naked home body scanner. **Página de apresentação do produto**, 2018. Disponível em: <<https://nakedlabs.com/naked-home-body-scanner>>. Acesso em: 28 out. 2019.

NERVOUS SYSTEM. Nervous system collaborates with new balance on 990s shoes. **Nervous system blog**, jan. 2019. Disponível em: <<https://n-e-r-v-o-u-s.com/blog/?p=8464>>. Acesso em: 27 out. 2019.

ORTEGA, J. Indústria 4.0: entenda o que é a quarta revolução industrial. **StartSe**, São Paulo, 1 fev. 2019. Disponível em: <<https://www.startse.com/noticia/nova-economia/60414/industria-4-0-entenda-o-que-e-quarta-revolucao-industrial>>. Acesso em: 27 jun. 2019.

PORATH, M. de C; TRAVASSOS JÚNIOR, X. L; TILP, J. A universidade para a indústria do futuro. **Extensio, Revista eletrônica de Extensão**, v. 16, n. 33, p. 145-154, Florianópolis, ago. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/extensio/article/view/61861>>. Acesso em: 29 out. 2019.

RIBEIRO, D. A. C. **Tecnologias advindas da indústria 4.0 aplicada na construção civil: efeitos e desafios da implantação no Brasil**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2019. Disponível em: <<https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/2045>>. Acesso em: 30 out. 2019.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SEIF, A; TORO, C; AKHTAR, H. Implementing industry 4.0 asset administrative shells in mini factories. **23rd International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems**, Budapeste, Hungria, set. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.204> >. Acesso em: 29 out. 2019.

SEILER, L. Texprocess: Full range of technologies for textile processing. Comunicado de imprensa da Texprocess, jan. 2019. Disponível em: <<https://texprocess.messefrankfurt.com/frankfurt/en/press/press-releases/texprocess/basis-texprocess-press.html>>. Acesso em: 8 nov. 2019.

SHANG, X. et al. Social manufacturing cloud service platform for the mass customization in apparel industry. IEEE international conference on service operations and logistics, and

Informatics, set., 2013, Dongguan, China. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6611413>>. Acesso em: 27 out 2019.

SILVA, D. A. G. da. **Indústria 4.0 com foco nos sistemas cyber físicos**. 2018. 45 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Eletrônica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, PR, 2018.

SILVA, S. A. da; VASCONCELOS, R. de S; CAMPOS, P. S. Industry 4.0: theoretical contribution to the current scenario of technology in Brazil. **Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications**, v. 5, n. 19, set. 2019. Disponível em: <<http://itegam-jetia.org/journal/index.php/jetia/article/view/493>>. Acesso em: 1 nov. 2019.

SINGER. **A história da Singer**, 2015. Disponível em: <<http://www.singer.com.br/nossa-historia/>>. Acesso em: 24 jun. 2019.

SOARES, M. G. A Quarta Revolução Industrial e seus possíveis efeitos no direito, economia e política. **Migalhas**, São Paulo, 27 abr. 2018. Disponível em: <<https://www.migalhas.com.br/dePeso/16,MI279121,41046-A+Quarta+Revolucao+Industrial+e+seus+possiveis+efeitos+no+direito>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

SOFTWEAR. About SoftWear Automation. **Página de apresentação da empresa**, 2019. Disponível em: <<http://softwearautomation.com/about/>>. Acesso em: 28 out. 2019.

ULARU, E. G. et al. Perspectives on Big Data and Big Data Analytics. **Database Systems Journal**: v. 3, n. 4, p. 3-13, 2012. Disponível em: <<http://dbjournal.ro/archive/10/10.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2019.

KUSIAK, A. Smart manufacturing must embrace big data. **Nature**, v. 544, p. 23-25, abr. 2017. Disponível em: <<https://doi-org.ez47.periodicos.capes.gov.br/10.1038/544023a>>. Acesso em: 8 nov. 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE A – PROBABILIDADE DE AUTOMATIZAÇÃO DE OCUPAÇÕES

Tabela 1 - Menores probabilidades de automatização

Probabilidade (%)	Ocupação
0,41	Engenheiros de vendas
0,49	Modelistas de tecido e vestuário
0,65	Analistas de sistemas computacionais
1,1	Engenheiros mecânicos
1,2	Especialistas em logística
1,2	Psicólogos Organizacionais Industriais
1,3	Gerentes de vendas
1,4	Gerentes de marketing
1,4	Engenheiros
2,1	Designers de moda
2,9	Engenheiros industriais
3	Gerentes de produção industrial
3	Técnicos em engenharia industrial
3,7	Designers comerciais e industriais
8,2	Designers gráficos

Fonte: Adaptado de Frey e Osborne (2013).

Tabela 2 - Maiores probabilidades de automatização

Probabilidade (%)	Ocupação
38	Empacotadores
50	Operários de instalação, manutenção e reparo
51	Promotores e demonstradores de produtos
57	Estimadores de custo
59	Gerentes de transporte, armazenamento e distribuição
64	Operadores de corte manual
64	Funcionários de lojas e preenchimento de pedidos
66	Auxiliares de produção
66	Faxineiros e zeladores
67%	Mecânicos de máquinas industriais
69%	Motoristas de pequenos caminhões e serviços de entrega
73%	Operadores, programadores e encarregados de máquinas têxteis
84%	Alfaiates e costureiros de produtos personalizados
86%	Operadores de plantas e sistemas
89%	Operadores de máquinas de costura
92%	Trabalhadores de produção
93%	Alimentadores de máquinas
95%	Operadores, programadores e encarregados de máquinas de corte têxteis
97%	Operadores e encarregados de tingimento de produtos têxteis
98%	Operadores e encarregados de máquinas de empacotamento
99%	Costureiros manuais

Fonte: Adaptado de Frey e Osborne (2013).