A Quarta Revolução Industrial do Setor Têxtil e de Confecção

a Visão de Futuro para 2030

A Quarta Revolução Industrial do Setor Têxtil e de Confecção

a Visão de Futuro para 2030

Flavio da Silveira Bruno

São Paulo, 2017
2ª edição

Estação das Letras e Cores

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ

B922q

Bruno, Flavio da Silveira
A quarta revolução industrial do setor têxtil e de confecção : a visão de futuro para 2030 / Flavio da Silveira Bruno. – 2. ed. – São Paulo : Estação das Letras e Cores, 2017.

Inclui bibliografia
ISBN 978-85-68552-30-8

1. Indústria têxtil – Brasil. 2. Indústria têxtil – Brasil – Desenvolvimento econômico. I. Título.
1. Sucesso nos negócios 2. Autorrealização 3. Trabalho – Aspectos psicológicos 4. Sucesso I. Título

16-32805

CDD: 338.47
CDU: 338.46

©SENAI CETIQT 2017

A Quarta Revolução Industrial do Setor Têxtil e de Confecção: a Visão de Futuro para 2030

SENAI CETIQT
Diretoria Executiva: Sérgio Motta
Gerência de Estudos Prospectivos e Projetos Especiais: Marcelo Silva Ramos (coordenador)

Equipe técnica do projeto Visão 2030
Organização, pesquisa, edição e redação: Flavio da Silveira Bruno
Pesquisa: Camila Clementino Lamarão

ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção
Presidência: Rafael Cervone
Superintendência: Fernando Valente Pimentel (diretor superintendente)

Equipe técnica do projeto Visão 2030
Coordenação e revisão geral: Fernando Valente Pimentel
Revisão técnica: Domingos Mosca; Eduardo Cintra; Haroldo Silva; Renato Smirne Jardim
Revisão final: Luiza de Figueiredo P. Lorenzetti

ABDI
Presidente interino: Miguel Antonio Cedraz Nery
Diretoria Executiva: Maria Luisa Campos Machado Leal

O PROJETO VISÃO 2030: Comitê Superior da Indústria Têxtil e de Confecção Brasileira

Direção Editorial: Kathia Castilho
Diagramação: Schäffer Editorial
Capa: Erich Demuro e Luciane Glaeser
Revisão: Márcia Moura
Conselho Editorial: Profa. Dra. Ana Cláudia de Oliveira, Profa. Dra. Ana Paula Celso de Miranda, Profa. Dra. Cristiane Mesquita, Profa. Dra. Maria Claudia Bonadio, Profa. Dra. Mara Rubia Sant'Anna, Profa. Dra. Maria de Fátima Mattos, Profa. Dra. Suzana Barreto e Profa. Dra. Tula Fyskatoris
Produção do e-book: Schäffer Editorial

Este trabalho resultou do Projeto Visão 2030, coordenado pela ABIT, ABDI e SENAI CETIQT. Ao longo de 2014 e 2015, estudos e seminários foram realizados com a participação ativa dos membros do Comitê Superior da Indústria Têxtil e de Confecção Brasileira na seleção de temas e orientações de pesquisa. Membros do Comitê formularam a Visão 2030 e as estratégias apresentadas neste trabalho.

Os membros, participantes e convidados, do Comitê Superior da Indústria Têxtil e de Confecção Brasileira que colaboraram com este trabalho estão abaixo listados.

Ademar Sapelli (SANCRIS), Adilson Sarkis (SARKIS), Adriana Degreas (ADRIANA DEGREAS), Adriano Chohfi Nacif (LINHAS SETTA), Alberto Lowndes (HACO), Alberto Medeiros (MACKENZIE), Alberto Rocha Miranda (DESPI), Alessandro Pascolato (SANTACONSTANCIA), Alexandre Caprio Ferreira (SENAI SP), Alexandre Figueira Rodrigues (SENAI CETIQT), Alfredo Emílio Bonduki (BONFIO), Américo Guelere (FUNDAÇÃO VANZOLINI), Ana Beatriz Soraggi (INSITUM), Ana Carolina Bellucci (MDIC), Ana Cristina Rodrigues da Costa (BNDES), Antonio Augusto Ulson de Souza (UFSC), Antônio Maria Claret de Gouveia (UFOP), Antonio Cesar Berenguer Bittencourt Gomes (FIRJAN), Beatriz Baptista Fragnan Moreira (ABIT), Beatriz Willhelm Dockhorn (BIA BRAZIL), Benedito Antonio Y. Kubagawa (TOYOBO), Caetano Glavam Ulharuzo (ABDI), Camila C. Lamarão (SENAI CETIQT), Carlos Alberto Mazzeu (LUPO), Carlos Fadul (CERTI), Carlos Zabani (HUDTELFA), Cássio Murilo de Almeida (RZ4 TÊXTIL), Celso de Jesus Júnior (BNDES), César Pereira Döhler (DÖHLER), Cezar Corradi (ABTT), Claudia Regina G. Vicentini (USP), Claudio Cariello Marques (CCM), Claudio Grando (AUDACES), Clayton Campanhola (ABDI), Cristiano Buerger (TECNOBLU), Daiane de Lourdes Toledo (IFSC), Daniel Eduardo Mehler (ADATEX), Davi Bacelar (KABRIOLLI), Deborah Rossoni (APEX), Dilara Rubia Pereira (SENAI SP), Domingos Mosca (ABIT), Dulce Holanda (UDESC), Edi Braga (INPI), Edivaldo Cia (IAC – INST. AGRÔNOMO CAMPINAS), Edmundo Lima (ABVTEX), Eduardo Cintra (ABRAFAS), Eduardo Leonardis (MALWEE), Elidio Frias (ALBANY), Euler Souza (MDIC), Eunice Cabral (SINDICATO DAS COSTUREIRAS SP), Fabiana Gabriel (LINHANYL), Fabio Carlin (DUDALINA), Fabio Cotait (SANTISTA), Fernanda Marinho (SENAI SP), Fernando José Kairalla (FIMATEC), Fernando Valente Pimentel (ABIT), Fernando Tanus Nazar (TECIDOS ESTRELA), Flavio da Silveira Bruno (SENAI CETIQT), Flávio Gurgel Rocha (RIACHUELO), Flávio Rijo (RADICI GROUP), Flávio Roscoe (COLORTEXTIL/ SINDITÊXTIL), Francisca Dantas Mendes (USP), Francisca

Pontes de Aquino (SEBRAE NA), Francisco José Ferraroli dos Santos (SOLVAY/RHODIA), Frederico Bernardo (ABIT), Gilmar Rogério Sprung (CATIVA), Gilmar Valera Nabanete (COATS), Gilson Ferrúcio Pinesso (ABRAPA), Giuliano Donini (MARISOL), Graça Cabral (LUMINOSIDADE), Guilherme Weege (MALWEE), Haroldo Silva (ABIT), Heloisa Nazaré dos Santos (UEMG), Herbert Schmid (CONSULTORIA SCHMID), Iran Marques de Lima (UFRN), Ivan Medeiros (UFRN), Jair Antonio Covolan (COVOLAN), João Amato Neto (FUNDAÇÃO VANZOLINI), João Paulo Reginatto (SUL TÊXTIL), Jorge Almeida (GRUPO SOUTH), Jorge Rincón (SEBRAE NA), José Akcell (MRE), José Galló (RENNER), José Heriberto Oliveira do Nascimento (UFRN), José Luiz da Silva Cunha (ABVTEX), José Otavio de Souza (VICUNHA), José Sydrião de Alencar Júnior (BANCO DO NORDESTE), Josue Gomes da Silva (COTEMINAS), Julia Baruque Ramos (USP), Juliana Ferreira Borges (SEBRAE), Julio Maximiano Scudeler Neto (ALPARGATAS), Jürgen Andreaus (FURB), Karine Liotino (ABIT), Laerte Guião Maroni (OBER), Laerte Serrano (LEDERVIN), Leonardo Gomes (FUNDAÇÃO VANZOLINI), Liane Cardoso de Luna (INPI), Lilian Kaddissi (ABIT), Lineu Frayha (M&G), Lourival Flor (GOLDEN QUÍMICA), Luana Cloper (FAGGA), Luca Pascolato (SANTACONSTANCIA), Lúcia Maria Gomes Klein (FINEP), Lucia Santana Leão Buson (SEBRAE), Luciane Nóbrega Juliano (IFSC), Luiz Arthur Pacheco de Castro (PARAMOUNT), Luiz Augusto Barreto Rocha (BDS), Luiz Gustavo de Mattos Abreu (OPETRA), Luiz Morais (PATRICIA BONALDI), Luiza de Figueiredo P. Lorenzetti (ABIT), Manoel Messias Melo (MTE), Mara Pedrosa (MTE), Mara Rúbia Sant'anna (UDESC), Marcelo Costa (SENAI SP), Marcelo Fagundes (INSITUM), Marcelo Meneghessi (TBM TÊXTIL), Marcelo Prado (IEMI), Marcia Regina de Souza Ruiz (UNIPAR), Márcia Rosa Pereira Franco (INMETRO), Marcio Portocarrero (ABRAPA), Marco Antonio Branquinho Jr. (CEDRO), Marco Aurélio Lobo Júnior (APEX), Marcos Dini (DINI TÊXTIL), Marcos Guerra (FINDES), Marcos José Alves de Lima (UNIPAR), Maria Alice Vasconcelos (UFRPE), Maria Isabel (UDESC), Mariana Correa do Amaral (ABIT), Mario Luiz Freitas Lemos (BNDES), Mario Roberto Galardo (TREMEMBÉ), Matheus Diogo Fagundes (2 RIOS), Mauro Henke (DYSTAR), Michel Aburachid (SINDIVEST MG), Michell Melim (HERING), Mônica Cavalcanti Sá de Abreu (UFC CE), Morgana Bem (HOPE LINGERIE), Neil de Oliveira Lima Filho (UFRN), Nelcy Della Santina Mohallem (UFMG), Nelson Alvarenga Filho (INBRANDS), Nelson Carneiro (CLAEQ), Ordiwal Wiezel Junior (TRAMARE), Oscar Rache

(sinditextil pernambuco), Oswaldo Oliveira Filho (valisère/rosset), Otávio Ricardo Pettenati (pettenati), Patricia Froes Schettino (gig brasil), Patrícia Pedrosa (abit), Paulo Alfieri (fei), Paulo Henrique Schoueri (fiesp), Paulo Roberto Coscarelli de Carvalho Junior (inmetro), Paulo Valente (cataguases), Paulo Vieira (têxtil judith), Paulo Walter Leme dos Santos (comask), Philip Kauders (morena rosa), Pierangelo Rossetti (vipi), Rafael Cervone Netto (abit), Rafael Prado (apex), Rainer Zielasko (fiasul), Ramiro Palma (anfra), Regina Sanches (usp), Reinaldo José Kroger (vicunha), Reinilda de Fátima B. Minuzzi (ufsm), Renata Iwamizu (kanzo), Renato Jardim (abit), Renato Leme (abit), Rene Wakil (sindvest mg), Rene Werner (trützschler), Ricardo Morais (cuecas duomo), Ricardo Steinbruch (vicunha têxtil), Roberto Hermann (abritac), Rogério Bellini (apex), Rogério da Conceição de Melo (polyenka), Rogério Kadayan (kênia), Romeu Antonio Covolan (canatiba), Romeu Trussardi Neto (trussardi), Ronald Moris Masijah (darling/sindivestuário sp), Ronaldo Celso Viscovini (uem), Rui Altenburg (altenburg), Sergio Pires (fiesc), Sérgio Roberto Knorr Velho (mcti), Sheila Maria Sousa Leitão (senai dn, cni), Silgia Aparecida da Costa (usp), Simon Salama (mdic), Susana Maria Serrão Guimarães (inpi), Suzana Helena de Avelar Gomes (usp), Sylvio Napoli (abit), Talita Tormin Saito (mdic), Tereza Angelica Bartolomeu (ufv), Thiago Fernandes (mre), Thiago Raitez (dudalina), Udo DÖhler (döhler), Ulrich Kuhn (hering), Vado Costa (anipp), Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro (utfpr), Vanderson Vendrame (tecnoblu), Vanessa Madrona Moreira Salles (fumec), Waldomiro Vidal de Araujo Filho (w work), Walter Vicioni Gonçalves (sesi senai sp), Wisam Kamel Ayache (mega polo do brás). ✪

Agradecimentos especiais pelas relevantes contribuições a Alessandro Pascolato (SANTACONSTANCIA), Ana Amélia (LALIE LALOU), Ana Cristina Martins Bruno (IBGE), Ana Luiza Rabello (LALIE LALOU), Caetano Ulharuzo (ABDI), Claudio Cariello Marques (CCM), Domingos Mosca (ABIT), Edmundo Lima (ABVTEX), Eunice Cabral (CONACCOVEST), Fernando Herradon (GARLAND SHIRT CO.), Fernando Valente Pimentel (ABIT), Flávio Rocha (RIACHUELO), John Thompson (FOX APPAREL INC.), Francisco José Ferraroli dos Santos (RHODIA), Gilmar Rogério Sprung (CATIVA), Giuliano Donini (MARISOL), Glicínia Stenareski (O CASULO FELIZ), Haroldo Silva (ABIT), José Galló (RENNER), Lineu Faria (M&G), Lisa Chapman (COLLEGE OF TEXTILES – NCSU), Luis (VERY CHIC), Luiza de Figueiredo P. Lorenzetti (ABIT), Marcelo Prado (IEMI), Mark Messura (COTTON INC.), Nelci Layola Porto (LUCITEX), Nilton Perazzolo de Camargo (COCAMAR), Oswaldo Oliveira Filho (ROSSET), Paulo Walter (COMASK), Renata Iwamizu (KANZO), Renato Smirne Jardim (ABIT), Ronaldo Celso Viscovini (UNIVERSIDADE DE MARINGÁ), Sylvio Napoli (ABIT), Will Duncan (TC2). ✪

SUMÁRIO

PREFÁCIO DA SEGUNDA EDIÇÃO 17

UMA BREVE HISTÓRIA DO ESTUDO 19

INTRODUÇÃO 23

CAPÍTULO 1
ORGANIZAÇÃO E MÉTODOS DO ESTUDO 28

1.1. Gestão, produção e validação do conhecimento 28

1.2. Ênfases estratégicas do estudo 33

1.3. A estrutura da obra 34

CAPÍTULO 2
AS MUDANÇAS QUALITATIVAS NO MUNDO DA PRODUÇÃO E AS OPORTUNIDADES DE RENOVAÇÃO INDUSTRIAL . . 37

2.1. Evolução da produção global 37

2.2. Desenvolvimento do *fast fashion* e o fim das vantagens de baixo custo 40

2.3. Aproximação entre consumo e produção 42

2.4. Rumo à Confecção 4.0. 45

2.5. Oportunidades do aumento crescente da complexidade industrial 47

CAPÍTULO 3
TENDÊNCIAS QUE MOLDARÃO A MANUFATURA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO NO MUNDO 57

3.1. Tendências econômicas 57

3.2. Tendências sociológicas 62

3.3. Tendências ambientais 69

3.4. Tendências tecnológicas 73

CAPÍTULO 4
TECNOLOGIAS UBÍQUAS 76

4.1. Automação & robótica 77

4.2. Tecnologias de informação e de comunicação 78

4.3. Sensores & atuadores 79

4.4. Modelagem & simulação 79

4.5. Computação em nuvem 80

4.6. Internet móvel 81

4.7. Tecnologias sustentáveis 81

4.8. Biotecnologia 82

4.9. Materiais 83

4.10. Big Data, IdC, IdS, 3DP e outras tecnologias 84

CAPÍTULO 5
NOVAS TECNOLOGIAS PARA A CONFECÇÃO 4.0 BRASILEIRA 87

5.1. Minifábricas 87

5.2. Purchase Activated Manufacturing 89

5.3. Active Tunnel Infusion 90

5.4. Sistemas Automatizados de Confecção 91

5.5. Social Manufacturing 92

5.6. Smart Textiles e Wearable Technology 94

5.7. Impressão 3D. 97

CAPÍTULO 6
PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0: BEM-VINDAS ECONOMIAS EXPONENCIAIS DE REDE 100

6.1. Economias exponenciais de rede. 102

6.2. Fábricas inteligentes 108

CAPÍTULO 7
A VISÃO 2030, SEUS OBJETIVOS E DIRETRIZES 113

7.1. Visão 2030 114

7.2. Estratégias em seis dimensões 115

7.2.1. Mercado 115

7.2.2. Tecnologia. 115

7.2.3. Talentos 116

7.2.4. Infraestrutura político-institucional 116

7.2.5. Infraestrutura física 117

7.2.6. Investimentos 118

CAPÍTULO 8
NARRATIVAS DE APRENDIZAGEM PARA A CONFECÇÃO, O DESIGN, AS FIBRAS E OS CANAIS DE VENDA 119

8.1. Confecção 120

8.2. Design. 122

8.3. Novas fibras. 127

8.4. Novos canais 129

CONCLUSÃO 134

REFERÊNCIAS. 136

PREFÁCIO DA SEGUNDA EDIÇÃO

Esgotado em poucos meses, após o lançamento de sua primeira edição, este livro despertou o interesse de diferentes setores de nossa sociedade comprometidos com o futuro da produção e do consumo de têxteis e de confeccionados no Brasil. Simultaneamente à sua publicação, diversas iniciativas governamentais e privadas também vieram à luz, reforçando a relevância e a pertinência da adoção de princípios da Indústria 4.0 para a formulação de políticas industriais, ou como sugerido por autores ingleses e adotado neste livro, políticas de produção. Desde então, realizamos inúmeras palestras em escolas, universidades, órgãos do governo, sindicatos e federações no Brasil, apresentamos trabalhos em congressos, escrevemos artigos, concedemos entrevistas, participamos de seminários; e o interesse não dá sinais de arrefecer.

Unidades do SENAI, como o SENAI CETIQT e o SENAI de São Paulo , incorporaram o conceito de minifábricas integradas ao consumidor em projetos de novas plantas piloto. A Educação 4.0 passou a ser um tema de debates para a reformulação curricular orientada para o novo profissional e o novo cidadão que oferecerá suas competências à indústria e à sociedade. O mesmo conceito também foi adotado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, a ABDI, para desenvolver seu projeto pioneiro de implantação de uma Confecção Avançada, em uma parceria envolvendo o CIMATEC, uma empresa do sul do país e o SENAI CETIQT.

Nossa abordagem também está orientando discussões estratégicas no seio da própria ABIT, e é tema presente em encontros de profissionais e estudantes da moda brasileira. Este último, é o segmento que mais interesse demonstrou pelas inúmeras novas possibilidades de criação e de inovação que o emprego de tecnologias móveis, da Internet, de Realidade Aumentada e de sistemas de integração entre os mundos virtual e físico

oferece. Trabalhadores e consumidores unidos aos processos de criação de valor por celulares, em tempo real, a partir de qualquer lugar e de maneira individualizada, vêm a possibilidade de suas experiências com os produtos e processos se amplificarem. O compartilhamento de dados de compras diretas do produtor, individualizadas, em nuvem, em tempo real, por toda a rede de valor, pode gerar, exponencialmente, economias que beneficiarão a todos, mas sobretudo, que abrirão uma nova porta para o desenvolvimento do setor.

Por tudo isso e por nossa absoluta crença na assertividade de nossa Visão de Futuro, estamos lançando esta segunda edição. Pequenas correções e algumas inserções valiosas foram feitas e um novo capítulo, o Capítulo 6, foi produzido para aprofundar as diferentes formas de obter economias exponenciais de rede a partir da adoção de três princípios da Indústria 4.0.

Esperamos reforçar ainda mais a capacidade de transformação que a adoção objetiva, imediata, sem restrições e generalizada dos princípios da Indústria 4.0 promoverá em benefício do desenvolvimento do setor têxtil e de confecção brasileiro ✪.

Sérgio Motta
Diretor Executivo do SENAI CETIQT

Fernando Pimentel
Diretor Superintendente da ABIT

UMA BREVE HISTÓRIA DO ESTUDO

Em 2008, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT) propuseram ao Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil do SENAI (SENAI CETIQT) a realização de um estudo prospectivo para o setor têxtil e de confecção. O estudo resultou na elaboração de duas obras publicadas pela ABDI: o *Panorama Setorial Têxtil e Confecção* (PSTC) e o *Estudo Prospectivo Setorial Têxtil e Confecção* (EPSTC) (ABDI, 2008; 2010).

O PSTC produziu um retrato do setor em seis dimensões – Talentos, Tecnologia, Mercado, Investimentos, Infraestrutura física e Infraestrutura político-institucional – e orientou a formulação da Visão de Futuro 2023, a partir da qual foram descritas duas rotas pelo EPSTC, a estratégica e a tecnológica, para atingir objetivos nas seis dimensões preestabelecidas. Na ocasião, optou-se por um estudo participativo com um comitê formado por empresários da cadeia produtiva reunidos pela ABIT, por representantes do governo, sindicatos e associações e por estudiosos e acadêmicos.

Tanto o Panorama quanto a Visão 2023 pretenderam ser representativos de todo o setor. No EPSTC, entretanto, enquanto a rota estratégica continuou a representar o setor como um todo, a rota tecnológica ficou restrita ao segmento de uniformes e roupas profissionais, entendido na época como portador de futuro com capacidade de produzir *spillovers*[1] de conhecimento para além de sua cadeia produtiva.

1 "O conhecimento criado por um agente pode ser usado por outro sem qualquer tipo de compensação, ou por alguma compensação cujo valor é inferior ao valor do conhecimento. *Spillovers* de conhecimento, na maioria das vezes, resultam de pesquisa básica, mas são também produzidos por pesquisa aplicada e desenvolvimentos tecnológicos" (trad. nossa) (JAFFE, 1996).

O presente trabalho estende e atualiza a visão de futuro para 2030, já que, desde 2008, profundas mudanças estruturais, não previstas no estudo, ocorreram. Externamente, a crise financeira mundial que se acirrou em 2009 alterou substancialmente as condições de investimento e mercado, enquanto, gradualmente, os principais atores internacionais alteravam suas estratégias e competências para enfrentar as novas condições da competição globalizada. Internamente, as tendências assinaladas nos estudos de 2008 emergiram e tornaram-se claras para todos. As mudanças na estrutura do setor foram consolidadas nos novos perfis das empresas e nas formas de governança; a saturação de certos modelos de negócio e o aparecimento de outros reconfiguraram as redes de poder que estabeleciam a identidade setorial.

Também as transformações socioeconômicas internas que resultaram das ênfases das políticas de desenvolvimento passaram a evidenciar novos perfis de consumo e a interferir na oferta e demanda de empregos industriais e de formação de competências, assim como nas capacidades institucionais. Um caso exemplar é o desequilíbrio entre oferta e demanda de costureiras industriais. A carência de operadoras de máquinas de costura se deve mais às transformações sociais produzidas pela mobilidade econômica, programas nacionais de transferência de renda, explosão das redes sociais, regimes de cotas universitárias e valorização das identidades e diversidades étnicas e culturais do que ao emprego de novas tecnologias de produção. Jovens de diferentes classes econômicas passaram a compartilhar propostas de futuro semelhantes, onde o emprego industrial tradicional não aparece como opção. Assim, em sentido oposto ao das correntes que promoveram o desenvolvimento tecnológico em muitos setores industriais dos países desenvolvidos, é a escassez da oferta de trabalho que está provocando a necessidade de automação e robotização industrial em setores intensivos em trabalho humano, mesmo em países que possuem grandes contingentes de mão de obra barata.

Tais eventos e transformações assumiram caráter especial no Brasil, justamente no período seguinte ao da formulação do PSTC e do EPSTC. Por este motivo, a ABIT, ABDI e SENAI CETIQT decidiram investigar se a Visão 2023 e as rotas traçadas em 2008 ainda eram consistentes. Optou-se, então, pela ampliação temporal de sua validade até 2030, reativando, ampliando e formalizando o comitê anterior, e assumindo um caráter permanente de

prospecção e de acompanhamento das estratégias, objetivos, diretrizes e dos fundamentos que as suportam.

Desenhar uma visão de futuro de um setor está intrinsecamente relacionado às expectativas da sociedade a seu respeito. Além disso, algumas questões precisaram ser esclarecidas, como, por exemplo:

- Que tipos de empresas, cadeias e modelos de negócios se quer priorizar e desenvolver?
- Que modelos de negócios favorecem e que modelos desfavorecem a filosofia de desenvolvimento do setor?
- Que tipos e papéis institucionais serão relevantes no caminho até 2030?
- Que benefícios e contribuições do setor a sociedade brasileira espera obter em 2030?
- Qual é e qual deverá ser a composição estrutural atual e futura das cadeias de valor do setor?
- Como o setor deverá se inserir na Cadeia Global de Valor?
- Que formas de liderança as empresas brasileiras do setor pretendem e acreditam ser capazes de exercer nos níveis global, regional e local?

Uma série de contradições precisaram também ser resolvidas:

- Como criar políticas e priorizar ações para um setor repartido em redes empresariais que cada vez mais englobam objetivos conflitantes devido às suas posições relativas na cadeia de valor?
- Como conciliar interesses conflitantes nos diversos elos e estruturas da cadeia de valor e ao mesmo tempo aproveitar as oportunidades nascentes?
- Como estimular novos perfis empreendedores e proteger antigos da ameaça externa?
- Como estabelecer estratégias de geração de ativos escassos e de agregação de valor sem perder o mercado de massa nacional?
- Como suprimir a concorrência desleal e, ao mesmo tempo, aumentar a experiência com atividades globalizadas essenciais para o amadurecimento competitivo do setor?
- Como desenvolver monopólios de inovação e ao, mesmo tempo, preservar a diversidade e compartilhar objetivos de aprendizagem contínua e coletiva?

- E como estabelecer políticas de estímulo ao desenvolvimento tecnológico e de proteção de competências essenciais, quando as fronteiras entre o ambiente interno e externo estão cada vez mais transitórias, incertas e indefinidas?

Estudos preliminares, realizados para resolver essas questões e contradições, ratificaram a necessidade de corrigirmos algumas orientações dos trabalhos de 2008. Reunindo forças e atuando de maneira mais integrada, o setor fez opções e vem tomando decisões que enfatizam suas capacidades e recursos internos para enfrentar as mudanças estruturais necessárias que fogem do lugar-comum da defesa de interesses conflitantes e das opções isoladas de curto prazo. Procurando atuar como cadeia de valor, o setor passa a integrar pequenos e grandes empresários, indústria e varejo, acadêmicos e governo e instituições de apoio em uma mesma Visão de Futuro. ✪

INTRODUÇÃO

Desde o início do Acordo sobre Têxteis e Vestuário (ATC), etapa final do Acordo Multifibras (MFA)[2], em 1 de janeiro de 1995, até seu término, em 31 de dezembro de 2004, as vantagens da exploração do trabalho de baixo custo pelos países asiáticos reconfiguraram a produção mundial (e.g. GEREFFI, 1999; KAPLINSKY, 2000; SCHOR, 2005). A competição global por preços sempre mais baixos e uma estrutura de custos centrada nos baixos salários pareciam condenar ao fracasso qualquer inciativa de manufatura de massa

2 Quando o Acordo Multifibras (em inglês, *Multifibre Arrangement* – MFA) foi estabelecido em 1974, as restrições estendiam-se a cerca de 30 países. Este número subiu para 40 em 1994, quando a Rodada do Uruguai, durante a vigência do Acordo Geral sobre Tarifas e Comércio (em inglês *General Agreement on Tariffs and Trade* – GATT) criou o Acordo sobre Têxteis e Vestuário, que estabelecia uma transição de dez anos para o término do regime de cotas. Segundo Longo, Krahe e Marinho (2001), os países que criaram, em 1946, o conjunto de normas e concessões tarifárias chamado GATT, uniram-se a outros para elaborar o projeto de criação da Organização Internacional de Comércio (OIT), que iria disciplinar não apenas o comércio de bens como também conteria normas sobre emprego e práticas comerciais restritivas. Como os Estados Unidos decidiram não encaminhar o projeto ao Congresso para ratificação, em 1950, a criação da OIT fracassou, e o GATT, acordo provisório, veio a se tornar o instrumento que regulamentou por mais de quatro décadas as relações comerciais entre os países. O "GATT pautava-se em princípios de não discriminação, proteção transparente, concorrência leal, proibições de restrições quantitativas a importações, adoção de medidas de urgência, reconhecimento de acordos regionais e condições especiais para países em desenvolvimento" (LONGO; KRAHE; MARINHO, 2001). Após oito rodadas, a Rodada do Uruguai, realizada em Genebra, produziu um novo conjunto de regras mais adequadas às práticas vigentes, resultando na criação da Organização Mundial do Comércio (OMC), que passou a vigorar em janeiro de 1995, início da vigência do ATV. O ATV previa, assim, a eliminação gradual das restrições quantitativas, limites de cotas de importação para produtos de cada país. As cotas representavam o direito de exportar para muitos países, já que restringiam a influência econômica dos fatores de competitividade baseados em produtividade, abrindo oportunidade para o deslocamento de unidades produtivas para países que tinham o direito de utilizar cotas mas não atingiam os limites de exportação para os mercados mais ricos a que tinham direito. Outros países, por sua vez, tornaram-se produtores, fazendo com que, gradualmente, suas economias ficassem cada vez mais dependentes da exportação de roupas e de tecidos. Múltiplas estratégias de âmbito nacional surgiram durante a vigência do ATV. É importante notar, entretanto, que o ambiente artificial de competitividade que perdurou por dez anos tinha data e hora para mudar: 1º de janeiro de 2005.

em países de alto grau de desenvolvimento socioeconômico, ou mesmo em países em desenvolvimento com estruturas industriais tradicionalmente atreladas a modelos nacionais de produção e consumo.

O uso disseminado de trabalho de baixa qualificação estendeu no tempo o emprego de máquinas intensivas em mão de obra, obsoletas tecnologicamente, desestimulando e postergando qualquer investimento em automação industrial na produção de artigos de massa. Baseados nas capacidades e competências em ciência e tecnologia de alguns países, planos mais realistas (e.g. EURATEX, 2004) buscavam alternativas e orientavam governos a adotarem planos de longo prazo para afastarem-se dos *commodities* em direção a produtos especializados fabricados em processos flexíveis de alta tecnologia, assim como a enfatizarem o emprego de materiais têxteis em outras indústrias e em novos campos mais produtivos e exacerbadamente lucrativos, direcionando-se para uma nova era de customização, personalização, produtos inteligentes e novas soluções de logística e distribuição como forma de diferenciação competitiva.

Nessa fase, a China, com suas redes de produção em países de baixa complexidade econômica aparecia como a fábrica do mundo, principal origem de toda a atividade manufatureira capaz de suprir as necessidades de produtos de todo o mundo (MARTIN; MANOLE, 2004). O deslocamento do centro de gravidade de empregos fabris para a Ásia foi impulsionado pela computadorização do trabalho, pela disseminação da Internet e por redes privadas de dados de alta velocidade (GEREFFI, 2006).

O processo de integração global em cadeias de valor, no entanto, gerou mudanças nos hábitos de consumo e aprendizados que, impulsionados por novos modelos de negócios e pelas redes de comunicação e informação, criaram as bases para uma profunda revisão das previsões. Nos países produtores, a elevação dos custos com transportes e energia, os riscos políticos, sociais e ambientais e a elevação dos salários (DISTLER et al., 2014) associaram-se às pressões por qualidade mais alta, maiores diversidades de estilo, introduzidos pelo f*ast fashion*[3] (AZMEH; NADVI, 2014), e à tendência de individualização do consumo, iluminando, gradualmente, novas possibilidades para investimentos em tecnologia para automação e robotização da confecção.

3 *Fast fashion* é um sistema criado por varejistas europeus, como Benetton, H&M, Topshop e Zara para atender, inicialmente, nichos de mulheres jovens adultas (CIARNINE; VIENAZINDIENE, 2014).

A necessidade de eliminar qualquer atividade que não agregue valor aos produtos vem intensificando a produção enxuta. Os desejos do consumo exigem a produção ágil. A tendência de aumento da intensidade tecnológica e a racionalização sistemática dos processos de criação de valor produzido alteram o perfil do trabalho e justificam economicamente a contratação de perfis de trabalhadores mais versáteis do que aqueles tradicionalmente restritos a monoatividades em seus postos de trabalho. O controle de custos, combinado com o desenvolvimento de novas formas de competitividade baseadas em princípios da manufatura avançada, poderá alterar em pouco tempo a geografia da manufatura global, incluindo a migração de atividades de países de baixo custo para economias de mercado desenvolvidas (BRYSON et alii, 2013). O retorno da manufatura aos países de alta complexidade econômica é tido como certo por diversos trabalhos (SIRKIN et alii, 2011; THE END, 2012; EULER HERMES, 2013; FORESIGHT, 2013).

Essas alterações poderão provocar profunda mudança na produção global, criando, ao mesmo tempo, oportunidades e novas ameaças àqueles que não desenvolverem competências para se posicionar, nem global, nem localmente. Os novos modelos de negócios que surgirão nos próximos anos dependerão de investimentos em estruturas fabris mais ágeis e versáteis e na formação de trabalhadores altamente qualificados (e.g. FORESIGHT, 2013).

Ciente da oportunidade que se vislumbra para o setor têxtil e de confecção, a ABIT, a ABDI e o SENAI CETIQT promoveram um cuidadoso estudo de futuro para fundamentar a orientação estratégica do setor.

Partindo-se do princípio de que todas as instituições que formam a rede de valor associada à capacidade produtiva da sociedade refletem a filosofia da estrutura de sua indústria, o alvorecer da Quarta Revolução Industrial, sinalizado por diversos trabalhos prospectivos revisados, irá requerer profunda reconfiguração não apenas das empresas, mas de toda a rede de atores institucionais que a elas estão ou estarão ligadas. As informações, análises e recomendações deste trabalho se propõem a auxiliar a formulação de planos e de narrativas de futuro para todos os atores comprometidos com o caminho até 2030, e além.

Este trabalho está estruturado em oito capítulos. O primeiro capítulo apresenta a organização e os métodos empregados para levantamento e análise de informações, assim como para garantir a continuidade e a evo-

lução da compreensão do setor ao longo do caminho até 2030. No capítulo dois descrevem-se os principais fatos históricos da produção mundial no setor de maneira evolutiva, com o objetivo de mostrar a emergência de uma ruptura profunda nas condições de competição e de consumo atuais que alterará as estruturas e a organização industriais criando oportunidades, mas gerando riscos maiores do que os encontrados até aqui para a preservação das estruturas produtivas nacionais. O terceiro capítulo analisa as tendências que moldarão a manufatura têxtil e de confecção, a partir de mudanças econômicas, sociológicas, ambientais e tecnológicas que alterarão as bases da economia e da tecnologia de manufatura no setor. Tecnologias ubíquas[4] foram extraídas de trabalhos de prospecção internacional sobre o futuro da manufatura e são apresentadas no capítulo quatro. O capítulo cinco reúne as tecnologias e as estratégias de Confecção, Design, Novas Fibras e Novos Canais que orientarão a indústria têxtil e de confecção para a adoção de princípios da Indústria 4.0. No capítulo seis desta segunda edição, aprofundamos a análise sobre os efeitos da adoção de princípios da Indústria 4.0 no setor. Devido a esta inserção, no capítulo sete, agora, estão os produtos do último seminário realizado com os membros do CSITCB, diagramando estratégias, objetivos, pontos de chegada e diretrizes nas seis dimensões originais do estudo prospectivo de 2008. Neste capítulo também é apresentada a Visão 2030. Finalmente, as narrativas de aprendizagem nos mesmos elos são propostas no capítulo oito.

Para facilitar o uso de conceitos e de informações foram criados Blocos de Síntese, que serão empregados para ilustrar ideias e conceitos desenvolvidos no trabalho e opiniões relevantes de especialistas, empresários e outras personalidades notáveis que contribuíram com seu conhecimento para a elaboração desta obra.

Ao lado de alguns parágrafos e itens do texto, introduzimos imagens de "QR Code"[5], código de barra bidimensional que permite ao leitor acessar vídeos diretamente na Internet, fazendo uso de um aplicativo leitor de QR Code instalado em seu *smartphone* ou *tablet*. A partir desses endereços, outros vídeos podem ser acessados, aumentando o alcance de entendimento e

4 O termo ubíquo – em toda parte, ao mesmo tempo – é aqui empregado como versão para a palavra inglesa pervasive. A expressão pervasive technologies tem sido utilizada em língua inglesa para significar tecnologias com alta disseminação na manufatura (cf. DICKENS, 2013).

5 "QR Code" é uma marca registrada de DENSO WAVE INCORPORATED.

abrindo alternativas de busca individualizada. Este recurso, no entanto, não garante que o acesso à informação seja preservado por seus mantenedores, que podem interrompê-lo a qualquer momento. Trata-se, no entanto, de uma possibilidade cada vez mais presente no mundo do compartilhamento de informações sempre renováveis e efêmeras em forma, conteúdo e mídia.

Esta obra reúne referências a textos técnicos e de consultorias, projetos governamentais, análises de especialistas e artigos científicos que, por assumirem diversas formas e linguagens para análise e apresentação das informações, constituem-se em um recurso para a elaboração de estudos, cursos, consultorias e projetos de diversos níveis de complexidade nos ambientes acadêmico, de formação profissional, industrial ou do setor público. ✪

CAPÍTULO 1
ORGANIZAÇÃO E MÉTODOS DO ESTUDO

1.1. Gestão, produção e validação do conhecimento

ABIT, ABDI e SENAI CETIQT, instituições que formam o Núcleo de Gestão e Produção de Conhecimento (NGPC) do projeto Visão 2030, criaram uma arquitetura organizacional própria responsável pelo acompanhamento sistemático das narrativas dos elos e atores envolvidos. Tais narrativas resultam dos ciclos de transformação e aprendizagem proporcionados pelo processo de construção da visão de futuro apoiado em estudos prospectivos anuais.

O NGPC elaborou uma lista de 146 pessoas dentre os notáveis dos mundos da indústria e do trabalho, academia, governo e associações com representatividade social, econômica, técnica, política e acadêmica no setor, compondo o Comitê Superior da Indústria Têxtil e de Confecção Brasileira (CSITCB), instância decisória do estudo. A composição do Comitê é dinâmica para permitir a renovação e a adaptação da representatividade institucional de seus membros.

O Projeto Visão 2030 se propôs a fundar as bases operacionais de um processo contínuo de revisão de objetivos, diretrizes e ações para o desenvolvimento do setor. Estão previstas reuniões anuais do CSITCB que darão sequência ao procedimento participativo e interativo adotado ao longo dos 18 meses em que durou o estudo aqui relatado.

Três encontros foram realizados para suprir o Comitê de informações estruturadas sobre temas estratégicos e resultados de estudos e pesquisas produzidos pelo SENAI CETIQT, para que, assim, se pudesse chegar à Visão 2030:

Encontro 1. Apresentação do projeto Visão 2030: definição dos objetivos e composição do NGPC e do CSITCB.

Encontro 2. Workshop para definição das ênfases estratégicas: identificação dos elos estratégicos do setor e principais ênfases de pesquisa, após apresentação dos resultados dos estudos preliminares para composição do panorama setorial e dos vetores portadores de futuro.

Encontro 3. W*orkshop* Visão 2030: elaboração, pelo CSITCB, das orientações estratégicas e da Visão 2030, após apresentação das sínteses das pesquisas de campo e dos resultados dos estudos prospectivos.

Definida a Visão 2030, estudos suplementares foram realizados para descrever as narrativas dos quatro elos estratégicos para o futuro – Confecção, Design, Novas Fibras e Novos Canais de Consumo –, tendo por base a ênfase nos princípios da Indústria 4.0[6].

O projeto básico culmina na produção desta obra. No entanto, outras produções de conhecimento foram necessárias no processo evolutivo de aprendizagem, como palestras e seminários, que testaram a correção dos caminhos traçados pelo estudo submetendo resultados parciais a comunidades de empresas e instituições.

As atividades de produção do NGPC consistem em identificar, categorizar, avaliar, criar e disseminar conhecimentos essenciais para a transformação industrial com princípios da Indústria 4.0, sejam empíricos ou teóricos, tácitos ou explícitos, formais ou informais, em diversos formatos, como textos, figuras e vídeos, gerando conteúdos diversos e múltiplos para atingir os diferentes públicos envolvidos na evolução do setor.

A metodologia do estudo segue a orientação de uma espiral de aprendizagem. Os sucessivos estados de cognição dos envolvidos são produzidos de maneira similar ao que Nonaka e Takeuchi (NONAKA, 1991; NO-

6 "Na Alemanha, o termo Indústria 4.0 tem sido comum em praticamente todas as feiras industriais, conferências ou chamadas públicas para fundos para projetos. Primeiramente utilizado na Feira de Hannover, em 2011, o termo suscitou inúmeras discussões (...). O termo Indústria 4.0 se refere à Quarta Revolução Industrial e é frequentemente entendido como aplicação do conceito genérico de Sistemas Ciberfísicos nos sistemas de produção. Na América do Norte, ideias similares vieram à tona com o nome de Internet Industrial dado pela General Electric" (DRATH; HORCH, 2014, p. 56, trad. nossa). Atualmente, o conceito nos EUA assumiu o termo Advanced Manufacturing, mas possui abrangência mais ampla do que o homólogo alemão (cf. NSF, 2015c). Apesar de sua crescente utilização por empresas, consultorias, centros de pesquisa e universidades, não existe uma definição consensual do termo Indústria 4.0. Hermann, Pentek e Otto (2015) recentemente produziram um Working Paper definindo seis princípios associados na literatura ao conceito: 1) Interoperabilidade; 2) Virtualização; 3) Descentralização; 4) Capacidade em Tempo Real; 5) Orientação para Serviços e 6) Modularidade.

NAKA; TAKEUCHI, 1995) chamaram de espiral do conhecimento: "O aspecto central na abordagem japonesa é o reconhecimento de que a criação de conhecimento novo não é uma simples questão de processar informações objetivas"[7] (tradução nossa).

O processo é cíclico porque passa repetidamente por etapas de análise, avaliação e correção de rumo. Porém, é também um processo evolutivo, pois os envolvidos desenvolvem competências novas para internalizar e externalizar conhecimentos. Novos conhecimentos amplificam a capacidade e a rapidez de entender o ambiente externo e de produzir novas combinações possíveis dos recursos internos.

Diferentes elos e atores situam-se em diferentes estágios de conhecimento tecnológico, inerentes aos sistemas técnicos, sociais e econômicos em que estão inseridos. Suas curvas de aprendizagem são, portanto, diferentes. Por isso, em vez de produzir rotas, como no trabalho de 2008, optou-se pela elaboração de narrativas[8] em ciclos de transformação e aprendizagem até o estado futuro estabelecido como marco de futuro. Dessa forma, enfatiza-se a necessidade de estabelecer um fluxo contínuo, interativo e específico de evolução para cada ator ou elo quando da formulação de políticas e ações.

Partir do princípio de que todos estarão envolvidos nas narrativas significa dizer que tanto empresas quanto instituições e organizações de apoio, com seus pesquisadores, gestores, participantes, convidados, *stakeholders* e *gatekeepers*[9] estão envolvidos no processo de transformação e aprendizagem. Ao conceito de narrativas procura-se associar um processo de evolução compartilhada entre os sistemas sociais, técnicos e econômicos.

---

7 "The centerpiece of the Japanese approach is the recognition that creating new knowledge is not simply a matter of "processing" objective information" (NONAKA, 1991, p. 97).

8 Textos narrativos têm sido explorados por alguns autores como alternativa para a comunicação dos conhecimentos científicos: "Dentre as quatro formas de textos científicos, a mais comum no discurso diário é a narrativa, não a expositiva" (AVRAAMIDOU; OSBORNE, 2009, p. 1686). Dahlstrom (2014) sinaliza para a importância da narrativa na comunicação científica para leigos por meio dos novos ambientes de mídia. Neste trabalho, as narrativas não assumirão a forma de histórias ficcionais, adotando-se um formato intermediário entre essas e o texto científico lógico-argumentativo. Deve-se notar que textos que se propõem a exprimir o futuro têm, necessariamente, um caráter ficcional.

9 A palavra *gatekeeper* se origina de uma teoria do psicólogo alemão Kurt Lewin. Em um estudo sobre alimentos, Lewin avaliou que algumas regiões podiam funcionar como cancelas ou porteiros, restringindo ou não a passagem de alguns itens alimentícios para o seu destino final (LEWIN, 1943). O termo teve seu conceito estendido ao jornalismo por David Manning White. White cria a figura do Sr. Gates, personagem de uma redação de jornal capaz de determinar, diariamente que notícias deveriam ser ou não publicadas (WHITE, 1950).

Selecionar criticamente e produzir conhecimento especializado são atividades criativas. Como toda produção criativa, precisam ser validadas por um campo antes de serem incorporadas a seu domínio (CSIKSZENTMIHALYI, 1999), como mostrado na Figura 1.

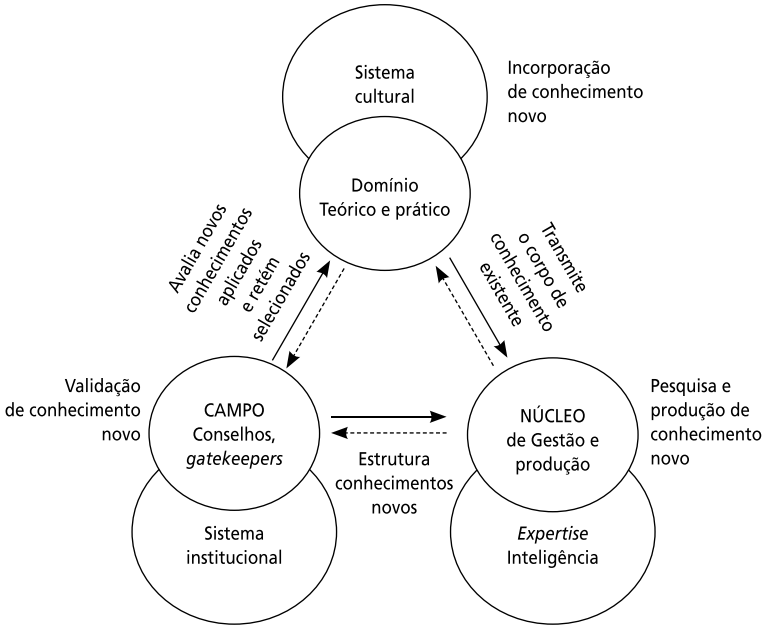

Figura 1. Modelo de validação e incorporação de novos conhecimentos.
Fonte: Elaborado pelo autor (adaptado de CSIKSZENTMIHALYI, 1999).

Psicólogos tendem a ver a criatividade como exclusivamente um processo mental, mas a criatividade é tanto cultural e social quanto um evento psicológico que ocorre em um determinado ambiente:

> *Este ambiente possui dois aspectos relevantes: um aspecto cultural, ou simbólico, que aqui é chamado de domínio; e um aspecto social chamado de campo. Criatividade é um processo que só pode ser observado na interseção em que indivíduos, domínios e campos interagem.*
> *Para que a criatividade ocorra, um conjunto de regras e de práticas deve ser transmitido do domínio para o indivíduo. O indivíduo deve então produzir uma nova variação no conteúdo do domínio. A variação deve então ser selecionada pelo campo para ser incluída no domínio* (CSIKSZENTMIHALYI, 1999, p. 313).

A manifestação da criatividade ocorre quando uma pessoa apresenta uma nova ideia que introduz potencialmente uma mudança em um aspecto cultural ou simbólico em seu ambiente, que Csikszentmihalyi (1999) chama de domínio. Mas com muita frequência, as novas ideias são rapidamente abandonadas e esquecidas e as mudanças serão adotadas apenas a partir do momento em que forem validadas por um grupo com autoridade para tomar decisões sobre o que deve ou não ser incluído no domínio. A esses agentes, Csikszentmihalyi (1999) chama de campo. A teoria de domínio e campo da criatividade tem sido adotada por diversos autores que investigam a economia da criatividade (e.g. STERNBERG, 2006; WILSON, 2010; MEUSBURGER, 2009).

No modelo, o NGPC prospecta, seleciona, estrutura, sintetiza e cria novos conhecimentos a partir da pesquisa no domínio da teoria e da prática. Os conhecimentos sintetizados são submetidos à validação pelo campo. O processo é cíclico e, a cada bloco de conhecimento validado, o Núcleo ajusta ferramentas e métodos prospectivos, e aperfeiçoa produtos até sua validação final pelo campo. Apenas os conhecimentos estruturados validados passam a integrar o domínio.

No estudo, a validação dos conhecimentos estruturados pelo NGPC foi feita pelo CSITCB, o Campo. Os produtos finais de síntese de todo o processo podem ser incorporados ao Domínio de conhecimentos que será transmitido a todos os atores criativos da indústria têxtil e de confecção brasileira.

Trata-se de um processo aberto de aprendizagem contínua que envolve todos os participantes e altera seus estados de conhecimento e de consciência. A transformação, pelo amadurecimento dos atores ao longo do processo de validação, interfere nos próprios conteúdos validados até o fim de cada ciclo.

A filosofia organizacional projetada é de autodesenvolvimento. Portanto, a cada ano o processo será repetido, de forma mais eficiente, para reavaliação dos atores e de suas narrativas.

De maneira geral, o processo cíclico e evolutivo desenvolvido pelo NGPC pretende suprir deficiências clássicas das metodologias de estudos de futuro de natureza participativa que contam com especialistas e personalidades institucionais para selecionar temas e orientar decisões estratégicas baseados em suas experiências e perspectivas de mundo. Tais deficiências têm

origem nas limitações encontradas pelos gestores do processo para garantir que todos os envolvidos sejam representativos da mais alta qualificação em cada área de conhecimento, sabendo-se que muitos temas de futuro envolvem conhecimentos de fronteira ou novas soluções ainda pouco disseminadas tanto no ambiente acadêmico quanto no ambiente empresarial nacional e que rompem com conhecimentos teóricos e experiências práticas anteriores. Fomentando ciclicamente conhecimentos novos, empíricos e teóricos, pretende-se que os participantes sejam envolvidos em processos de aprendizagem e transformação que os capacitarão, gradualmente, em questões que ultrapassam seus conhecimentos e que ampliam suas percepções iniciais. Além disso, a disseminação de outros estudos realizados de maneira similar por governos, consultorias e pesquisas acadêmicas tem o efeito de ampliar, virtualmente, a base de participantes e com ela a diversidade de temas, de combinações de variáveis, experiências e de visões compartilhadas de futuro.

1.2. Ênfases estratégicas do estudo

Para selecionar e compor os temas e ênfases que fundamentaram os Encontros do Comitê, foram realizados estudos socioeconômicos sobre o setor que consistiram na revisão de trabalhos de consultorias especializadas internacionais, projetos governamentais e textos científicos de bases de produção científica internacional, além de artigos e relatórios técnicos especializados.

Os temas e ênfases também orientaram a seleção e a realização de entrevistas e visitas a empresas, no Brasil e no exterior. Questionários enviados pela Internet aos membros do Comitê foram utilizados ao longo do processo de pesquisa entre dois encontros para sintetizar e alinhar percepções a respeito das orientações adotadas.

A seleção de empresas e instituições para a realização de entrevistas e levantamentos foi feita pelo NGPC empregando critérios qualitativos de avaliação envolvendo a representatividade de seus produtos e processos nos segmentos, experiência, liderança e atualização de seus líderes e potencial indutor de transformação de seus modelos de negócio.

O NGPC trabalhou na determinação dos procedimentos mais adequados de pesquisa, na elaboração de instrumentos e na produção das sínteses e palestras, sempre em função dos ajustes necessários promovidos pelo *feedback* do Comitê nas respostas aos questionários e durante a participação nos três Encontros.

O CSITCB optou por quatro ênfases estratégicas para o estudo de futuro: Confecção, Design, Novas Fibras e Novos Canais de consumo, nessa ordem. A Figura 2 ilustra a frequência com que as ênfases foram inicialmente mencionadas pelos membros do Comitê em levantamentos qualitativos. Na figura, Varejo aparece como uma das palavras mais citadas do levantamento. O CSITCB decidiu por sua substituição pela expressão Novos Canais, por abranger iniciativas mais amplas. O Comitê também decidiu que o segmento de Confecção deveria atuar como o motor de transformações tecnológicas ao longo de toda a cadeia, com apoio do Design e de Novas Fibras, fazendo uso intensivo de Novos Canais de consumo. Essa formulação guiou a busca de novos conhecimentos com potencial transformador da indústria. Outra ênfase adotada diz respeito à orientação da indústria pelos princípios da Indústria 4.0, opção considerada essencial para a intensificação de iniciativas empreendedoras e de fomento a investimentos em ciência, tecnologia e inovação capazes de promover o setor a um novo patamar de desenvolvimento e de representatividade socioeconômica no país.

Figura 2. Ênfases estratégicas.
Fonte: Elaboração própria.

1.3. A estrutura da obra

Esta obra se propõe a identificar e a especificar quais as ênfases tecnológicas que deverão impulsionar e desenvolver as ênfases estratégicas mencionadas

no item 1.3. Este processo de características ora indutivas, ora dedutivas deve obedecer a um encadeamento de fatos e de vetores potencialmente capazes de produzir transformações no mundo da produção.

O Quadro 1 apresenta a estrutura dos capítulos da obra organizados de maneira a permitir a visualização do processo de trabalho. Partindo-se da evolução da dinâmica de globalização, segue-se a identificação das tendências gerais das dimensões econômicas, sociais, ambientais e tecnológicas. Tecnologias ubíquas[10] foram identificadas por sua capacidade de propagação e difusão em novos equipamentos, métodos e soluções técnicas na economia de produção. As tecnologias ubíquas, por sua vez, orientaram a busca e identificação de tecnologias e métodos produtivos específicos na indústria têxtil e de confecção. Seguindo os princípios da Indústria 4.0, o CSITCB elaborou as orientações estratégicas do setor e a Visão 2030. Finalmente, o encadeamento dos conhecimentos permitiu ao NGPC a elaboração das narrativas de desenvolvimento tecnológico em cada uma das ênfases estratégicas. ✪

10 Cf. nota 4.

Mudanças qualitativas no mundo da produção e do consumo & oportunidades para uma nova indústria (cap. 2)			
Evolução da produção global	*Fast fashion* e o fim das vantagens do trabalho de baixo custo	Aproximação entre produção e consumo	Aumento da complexidade industrial
Tendências que moldarão a manufatura (cap. 3)			
Econômicas	Sociológicas	Ambientais	Tecnológicas

Tecnologias ubíquas (cap. 4)								
Automação & robótica	TIC	Sensores & atuadores	Modelagem & simulação	Computação em nuvem	Internet móvel	Tecnologias sustentáveis	Biotecnologia	Novos materiais

Novas tecnologias e novos métodos na indústria T&C (cap. 5)						
Minifábricas	Active tunnel infusion	Sistemas de confecção automatizada	Smart textiles & wearable electronics	Purchase activated manufacturing	Social manufacturing	Impressão 3d & 4d
Princípios da indústria 4.0 (cap. 6)						
Orientações estratégicas e visão 2030 do setor (cap.7)						
Mercado	Tecnologia	Talentos	Instituições	Infraestrutura	Investimentos	
Narrativas de desenvolvimento (cap. 8)						
Confecção	Design	Novas fibras	Novos canais			

Quadro 1. Processo de identificação de tecnologias do futuro no setor T&C.
Fonte: Elaboração própria.

CAPÍTULO 2
AS MUDANÇAS QUALITATIVAS NO MUNDO DA PRODUÇÃO E AS OPORTUNIDADES DE RENOVAÇÃO INDUSTRIAL

Durante mais de uma década, vantagens competitivas centradas no trabalho de baixo custo reconfiguraram a geografia da produção mundial. O aumento dos custos e de incertezas, entretanto, erodiram gradativamente as vantagens da produção em países distantes dos mercados mais ricos, enquanto novos hábitos de consumo tornaram qualidade e proximidade geográfica aspectos centrais na preferência dos consumidores dispersos pelo mundo. Mudanças qualitativas sinalizam para o aumento de complexidade dos sistemas produtivos. Um novo ambiente competitivo está em formação, oferecendo oportunidades de desenvolvimento para indústrias que souberem iniciar narrativas de renovação de suas estruturas.

2.1. Evolução da produção global

A fase final do Acordo Multifibras foi administrada pelo Acordo sobre Têxteis e Vestuário (ATV). De 1994 até 2004 as cotas que protegiam as indústrias localizadas em mercados ricos contra a entrada de produtos fabricados em países de menor complexidade econômica foram gradualmente eliminadas. O mundo da produção mudou com a ascensão da China e de outros países asiáticos que iniciaram uma corrida aparentemente sem limites por preços e custos baixos (BRUNO, 2007).

A evolução da economia têxtil, no entanto, abriu caminhos novos, não previstos. O *fast fashion* e as cadeias de valor globais alteraram as estruturas de produção e consumo (GEREFFI; MEMEDOVIC, 2003; AZMEH; NADVI,

2014). Elevação de custos do trabalho, novas políticas de desenvolvimento, mudanças nos hábitos de consumidores e tensões políticas foram algumas das causas que reduziram as vantagens da competição por baixo custo baseada na exploração do trabalho com baixos salários (DISTLER et alii, 2014; THE END, 2012).

Por meio da Internet e das tecnologias de comunicação, foi possível disseminar a informação em tempo real para qualquer parte do mundo, fazendo com que a transposição do espaço físico passasse a ser o principal fator limitador e diferenciador de acesso entre os mercados e os novos produtos.

Uma nova mudança nos paradigmas de consumo está para acontecer. Estratégias de aproximação da produção do consumidor final, suportadas por novas tecnologias produtivas, preparam-se para eliminar as barreiras espaciais. O *Time To Market* (TTM) de apenas algumas dezenas de minutos, em lugar de semanas, está próximo de se tornar realidade.

Fim do regime protecionista

Durante a vigência do regime de cotas, o desenvolvimento dos sistemas técnicos, sociais e econômicos da indústria têxtil e de confecção manteve-se orientado pelos países desenvolvidos. A produtividade necessária para garantir os salários elevados desses países atuava com pressão contínua sobre os desenvolvimentos tecnológicos, assim como as políticas protecionistas limitadoras da produção e do consumo mundial de têxteis e de confeccionados (LIU; SUN, 2004).

Mudanças quantitativas na produção global de têxteis e confeccionados – escalas, empregos, produtos, países, mercados, custos e preços – resultaram do fim gradual do sistema protecionista que vigorou durante o Acordo Multifibras. Em busca de cotas, empresas americanas e europeias desenvolveram capacidades industriais em países asiáticos e da América Central, principalmente, instalando fábricas e montadoras, e importando seus produtos. Dessa maneira, o próprio regime que visava proteger fabricantes europeus e norte-americanos foi responsável pelo desenvolvimento de múltiplas camadas de fornecedores em países que viriam ocupar seus mercados e eliminar seus empregos (GEREFFI; MEMEDOVIC, 2003).

Box 1. Distorções do protecionismo dos mercados da Europa e dos EUA

Durante o Acordo sobre Têxteis e Vestuário (ATV), grandes marcas americanas e europeias capacitaram países sem indústria têxtil e de confecção de baixo custo de mão de obra para produzir para seus mercados. O regime protecionista de cotas também estimulou países asiáticos a transferir unidades produtivas para países com cotas e sem produção. Esta é uma das principais causas das grandes escalas de produção de preços baixos que eliminaram empresas e empregos nos países mais ricos.

Tais mudanças, entretanto, não seguiram exatamente as previsões de estudos que precederam o fim do Acordo (OECD, 2004; NORDÅS, 2004). Em primeiro lugar, os resultados foram desiguais em diferentes regiões geográficas para o crescimento da produção e da participação de mercado, sugerindo a importância da proximidade entre os produtores e os mercados mais ricos. Em segundo, não apenas a China, mas também alguns países europeus obtiveram crescimento das exportações e ganhos na participação de mercados maiores do que o resto do mundo (LIU, 2012).

Inicialmente, as estratégias de exportação baseadas em baixos salários foram responsáveis pela emigração de empregos e da produção de países de maior complexidade industrial para os de mais baixa complexidade, com isenção de impostos, acordos preferenciais de acesso, dentre outras vantagens. Os primeiros retiveram apenas aquelas funções intensivas em conhecimentos especializados sobre o mercado, de alta lucratividade, delegando para os últimos as funções de montagem e de fabricação padronizada (GEREFFI, 1999; KAPLINSKY, 2000). Esta mudança de ambiente da produção – afastando-a dos centros econômicos intensivos em ciência e tecnologia – alterou a dinâmica evolutiva dos sistemas produtivos, adequando o desenvolvimento tecnológico, os métodos produtivos e a qualificação de trabalhadores aos fatores de produção disponíveis, para enfatizar as vantagens comparativas dos países produtores.

A China tornou-se um emblema dessa transformação, tendo suas exportações multiplicadas sete vezes entre 1994 e 2010; inicialmente concentradas nos EUA, e expandindo-se para todo o mundo, com o término do Acordo Multifibras. As transformações internas, no entanto, trouxeram,

gradativamente, dificuldades para suas empresas exportadoras. Primeiro, fatores como apreciação de sua moeda, inflação, aumentos dos custos de matéria-prima, escassez de água e energia elétrica à medida que a indústria se expandia e aumento dos custos e da escassez do trabalho, enquanto trabalhadores locais abandonavam empregos de baixos salários e de condições precárias características de sua indústria. Em segundo lugar, os custos do trabalho aumentaram a partir do biênio 2008-2009, como resultado das políticas trabalhistas que criaram a *Labour Contract Law* e a *China Social Compliance 9000 for The Textile and Apparel Industry*. Além disso, uma terceira dificuldade foi introduzida com o surgimento das regulamentações ambientais, particularmente aquelas baseadas no *State Council Comprehensive Plan for Saving Energy and Diminishing Pollution*, de 2007 (ZHU; PICKLES, 2013).

As transformações recentes da indústria têxtil e de confecção chinesa mostram que o enfoque governamental no desenvolvimento das capacidades tecnológicas de suas empresas tem sido essencial para a mudança estrutural de sua indústria, substituindo, progressivamente, as atividades de baixa lucratividade pelas de alta. No entanto, desafios relativos à elevação das capacidades de design e à escassez de talentos requerem forte amparo institucional do governo, assim como políticas necessárias para nutrir a integração estratégica e tecnológica das cadeias produtivas (ZHANG; KONG; RAMU, 2016).

Box 2. O fim das vantagens do trabalho de baixo custo

"Trabalho barato está se tornando uma commodity rara e o número de países de baixo custo está diminuindo. Confeccionistas precisam se adiantar a esta tendência, avaliando o que podem fazer em suas instalações para gerar ganhos de eficiência sustentáveis, aumentar sua velocidade para o mercado e reduzir a pressão sobre a gestão de custos do trabalho."
Boston Consulting Group (2014, p. 3)

2.2. Desenvolvimento do *fast fashion* e o fim das vantagens de baixo custo

Em ambientes turbulentos, pequenas e médias empresas chinesas que enfatizam alta qualidade, prazos de entrega reduzidos e flexibilidade apresen-

tam melhor desempenho do que aquelas que se concentraram na redução de custos (CHI, 2015).

Como assinalam Azmeh e Nadvi (2014), o modelo de governança das Cadeias de Valor Globais não é estático. A indústria do vestuário é altamente competitiva e pressionada pelo aumento da qualidade, diversidade de escolhas, conteúdo de moda e redução de custos e de preços, o que levou ao desenvolvimento do *fast fashion*. A moda rápida, portanto, designa a possibilidade de oferta de produtos que incorporam algum elemento de estilo com ciclos de vida curta (CIARNIENE; VIENAZINDIENE, 2014). O *fast fashion* pode ser entendido, também, como uma estratégia de oferta de produtos de alta qualidade, intensivos em moda, de alta frequência de coleções, que procuram atender a demanda de consumo em seu pico, mas com preços relativamente baixos (CIARNIENE; VIENAZINDIENE, 2014; AZMEH; NADVI, 2014).

Box 3. Liderança pelo consumo e pelo varejo

"A cadeia de vestuário é um protótipo da Cadeia de Valor Global, liderada pelo consumidor e pelo varejo. A indústria que já liderou é, hoje, pensada pelo varejo."
Diretor de associação de grandes varejistas

A evolução do *fast fashion*, por sua vez, acarretou a necessidade de racionalização sistemática de custos, por meio do emprego de práticas de *just in time* para minimizar estoques, TTM baixos e pequenos lotes de produção no vestuário. Para Ciarniene e Vienazidiene (2014), essa estratégia promoveu a evolução da produção para a manufatura ágil, caracterizada pela *lean manufacturing*, *flexible response* e *quick response*, que correspondem, no Brasil, aos termos produção enxuta, resposta flexível e resposta rápida.

O sucesso dessa estratégia de produção e comercialização em empresas como Inditex e H&M foi impulsionado, por sua vez, pelo emprego intensivo de tecnologias de informação e da Internet amparadas pela disseminação do uso de computadores, ***tablets*** e ***smartphones***. Conexões mais próximas e mais rápidas entre o consumo e as cadeias de produtores deram início à customização de massa no vestuário.

Box 4. A cultura *Fast Fashion* na era da Internet e dos Smartphones

Empresas que enfatizam a alta qualidade, prazos curtos de entrega e grande flexibilidade de adaptação aos mercados possuem melhor desempenho do que aquelas que se concentram em redução sistemática de custos para competir com preços baixos. O *fast fashion* incorporou moda, diversidade de escolha, rapidez, eficiência, agilidade e produção enxuta. *Fast fashion*, Internet e smartphones educaram o novo consumidor à rápida satisfação de impulsos e desejos de individualização, com preços baixos.

Atualmente, consultorias e analistas especializados no setor assumem que está próximo o fim das vantagens competitivas da manufatura de baixo custo dos países de baixa complexidade econômica. Atraso tecnológico, ineficiências produtivas, qualificação insuficiente, infraestruturas físicas e de comunicação precárias inserem custos adicionais àqueles assinalados anteriormente, no caso da China, enquanto instabilidades políticas regionais introduzem ameaças e aumentam os riscos de investimento, assim como longas distâncias aumentam os custos com energia. Por outro lado, consumidores estão em busca de novidades em ritmo acelerado, comprimindo sistematicamente o TTM (DISTLER et alii, 2014; EULER HERMES ECONOMIC RESEARCH DEPARTMENT, 2013; ELOOT et alii, 2013; THE END, 2012; SIRKIN et alii, 2011).

2.3. Aproximação entre consumo e produção

Na Ásia, produtores de vestuário aperfeiçoaram suas capacidades e têm assumido, paulatinamente, novas funções. O uso intensivo de tecnologias da informação permitiu a interconexão entre diferentes estágios das cadeias, reduzindo custos e riscos associados a estoques obsoletos e perdas de vendas e acelerando o TTM. Fornecedores passaram a integrar operações abandonando o perfil de simples montadores para fornecedores de pacotes completos de serviços e produtos que suprem as necessidades de seus clientes, também conhecido como *full-package*. A proximidade de mercados-chave passou a ser um aspecto essencial na localização das unidades fabris. Muitos produtores asiáticos, antes coordenados por empresas líderes ocidentais, estão assumindo, progressivamente, funções de coordenação (AZMEH; NADVI, 2014). São evidências de que produtores estão estendendo suas atividades em direção ao consumidor final, de certa forma confirmando as previsões do que o sociólogo Gary Gereffi chamou de progressão industrial (GEREFFI, 1999).

Uma mudança de paradigma está em curso com a emergência de um sistema técnico-econômico global na indústria da moda. A experiência de consumo tem se tornado, paulatinamente, uma orientação de valor que está alterando a maneira como o consumidor pensa, adquire informação e toma decisões sobre as atividades de consumo (KIM; AHN; FORNEY, 2014).

Um estudo com empresas de confecção americanas ratificou a relevância do emprego intensivo de tecnologias da informação para o desenvolvimento de níveis elevados de capacidades organizacionais, como eficiência operacional, serviço ao cliente e desenvolvimento de produtos (LUO; FAN; ZHANG, 2012). Porém, a difusão das experiências com tecnologias de informação e comunicação (TIC) de consumidores amplifica exponencialmente esta importância, imbricando as vantagens econômicas internas na gestão do negócio com as gigantescas economias externas promovidas pela interconexão com o mundo pela Internet.

Alguns autores (WANG, 2012; SHANG et alii, 2013; MOHAJERI, 2015; MOHAJERI et alii, 2014) identificaram um novo modo de manufatura, denominado *social manufacturing*, ou manufatura social, que permite a qualquer pessoa participar de todo o processo de manufatura. A manufatura social é vista como uma forma de introduzir a indústria de confecção do vestuário na customização de massa, baseada nas redes digitais, e em outras tecnologias emergentes, como o espelho 3D de virtualização da prova de roupas, que será mais bem detalhado neste trabalho. Na manufatura social, com o apoio de uma plataforma de serviços em nuvem, o consumidor é completamente envolvido no processo produtivo pela Internet utilizando tecnologias de computação em nuvem, eliminando os efeitos de cauda longa, reduzindo os custos de fabricação de produtos personalizados e aumentando a satisfação do consumidor e a oferta de serviços de alta qualidade.

Box 5. Os efeitos de cauda longa

"O regime atual é instantâneo; não há tempo para planejamento, apenas para experiências reais e presentes. O monitoramento dos "fast movers" feito pelo acompanhamento das vendas pela produção, em tempo real, elimina as perdas com descontos das coleções não vendidas e, ao mesmo tempo, identifica as linhas de design bem-sucedidas. A sucessão rápida de ciclos amplifica e estimula a capacidade criativa das equipes de design. Saímos do design empurrado para o design puxado."
Presidente de grande empresa de confecção e varejo

A aproximação do consumidor por meios telemáticos não é suficiente para reduzir o TTM. As distâncias físicas entre produtor e consumidor final convertem-se no gargalo final a ser ultrapassado. Consultorias, estudos governamentais e artigos especializados (THE END, 2012; SIRKIN et al., 2011; EULER, 2013; FORESIGHT, 2013) sustentam a reindustrialização de países da América do Norte e Europa fundamentada em bases de profunda destruição criadora schumpeteriana das estruturas vigentes no setor. Automação modular e robotização da confecção (BOOK et alii, 2010; OWANO, 2012) e projetos de minifábricas locais atraem investimentos de governos e mesmo de grandes compradores globais que antes investiram na emigração da produção para os países de baixo custo de produção.

O retorno de algumas atividades industriais – inclusive na área têxtil – ao território dos EUA é confirmado pela expansão da atividade manufatureira identificada pelo *Purchasing Manufacturing Index* de 2014 (ZEGERS, 2014). Entretanto, os exemplos observados da volta da manufatura aos países desenvolvidos não têm sido acompanhados na mesma proporção pelo emprego. Os sistemas de produção que vêm sendo instalados em território americano são mais produtivos e mais intensivos em tecnologia, com estratégias de produção de massa, eliminando, dessa forma, empregos de baixa qualificação.

O que se constata pela análise dos projetos em desenvolvimento, no entanto, sugere que uma reforma radical está em curso, que poderá criar empregos em outras bases, atraindo para a indústria talentos mais qualificados e multiplicando-os em pequenas instalações fabris.

Financiada pela Fundação Walmart, com o objetivo de gerar novos processos, ideias e empregos que promoverão o retorno da manufatura aos EUA, a *spin-off* americana *SoftWear Automation* desenvolveu um sistema que se propõe a fabricar desde *blue jeans* a *T-shirts* sem um único operador de costura. A tecnologia inovadora de manufatura automatizada emprega robótica, sistemas de processamento de imagens de alta precisão e grande velocidade, e dispositivos de manipulação de tecidos para criar roupas de alta qualidade e de custo mais baixo do que a produção *offshore*. O financiamento de pesquisas pelo Fundo Walmart para desenvolver a robotização completa da costura e o retorno da manufatura ao território americano é um sinal de que os grandes varejistas poderão, mais uma vez, ser responsáveis pela reorganização global da produção e dos empregos.

O conceito de minifábricas vem sendo explorado por uma aliança entre diversas instituições americanas, na iniciativa *Apparel Made 4 You* (AM4U). As minifábricas empregam estratégia de manufatura ativada pela compra, conectando diretamente o consumidor à produção pela Internet. Pequenas instalações fabris reduzem drasticamente muitas desvantagens das grandes instalações, pois têm projeto modular e permitem sua mobilidade, tendo ainda baixo impacto ambiental (POLVINEN, 2012). Além disso, segundo seus idealizadores, permite lucratividade superior a de uma abordagem típica de produção de massa da cadeia de valor global (VIMA, 2015). Este conceito será explorado oportunamente neste trabalho.

Box 6. O retorno da produção local

A automação completa da confecção, o desenvolvimento de mini-instalações fabris integradas ao consumidor e que empregam tecnologias e sistemas de virtualização das cadeias de valor permitem que novos e pequenos empreendedores locais voltem a competir com produtos fabricados em lugares distantes, oferecendo produtos customizados em tempos muito menores do que os normalmente obtidos pela produção asiática em produtos padronizados.

Em busca de TTM inferior a 60 minutos, a automação, robotização e proximidade física com o consumidor é um passo anterior à produção domiciliar.

2.4. Rumo à Confecção 4.0

As mudanças estruturais ilustradas no item anterior abrem os portais de entrada para os sistemas de produção têxtil e de confecção na Indústria 4.0.

Apoiado na Internet das Coisas (IdC) e no desenvolvimento de sensores e atuadores, o *Big Data* se tornará um negócio estratégico na integração total das fábricas preparando o caminho para as fábricas do futuro, atraindo novos e vultosos investimentos para a manufatura. Dugenske e Louchez (2014) consideram que as tecnologias associadas à IdC promoverão as ferramentas que permitirão otimizar o consumo de água e energia e, assim, limitarão a emissão de poluentes. Por permitirem melhor rastreamento de produtos manufaturados, ajudarão a reduzir as consequências dramáticas do *e-waste* no meio ambiente. O desenvolvimento de sistemas produtivos de

grande autonomia e integrados sem solução de continuidade deverá permitir, segundo ainda os mesmos autores, que toda a capacidade humana seja dedicada a análises e otimizações de longo prazo baseadas em miríades de dados, reforçando e intensificando aspectos humanos pouco explorados na seleção e qualificação de trabalhadores. Fábricas que não poluem podem voltar às cidades, aproximando-se de nichos de consumidores – de bairros, por exemplo –, desde que pequenas, devido ao valor dos terrenos.

Essas considerações de caráter futurista tornam-se mais realistas se observarmos os avanços diários de apenas uma, dentre tantas outras, das tecnologias que há pouco estavam restritas à categoria de curiosidades, como a evolução da Manufatura Aditiva (MA) (cf. GIBSON; ROSEN; STUCKER, 2010), extensão conceitual da Impressão 3D ou 3DP. Existem protótipos de roupas produzidas por MA. Se associadas às tecnologias da IdC, formam-se sistemas de produção e consumo de altíssimo desempenho.

A *United States National Science Foundation* (NSF, 2015b) considera que o avanço desses sistemas, conhecidos como Sistemas Ciberfísicos, que integram, sem solução de continuidade, algoritmos computacionais e componentes físicos, permitirão aumentos de capacidade, flexibilidade, versatilidade, escala, resiliência, segurança e uso que ultrapassarão exponencialmente os sistemas de produção atuais.

A Internet das Coisas e os Sistemas Ciberfísicos convergem no conceito de Indústria 4.0. O termo Indústria 4.0 tornou-se público em 2011, quando uma iniciativa denominada "Industrie 4.0" – uma associação de representantes de negócios, políticos e academia – promoveu a ideia como uma abordagem para fortalecer a competitividade da indústria alemã, de acordo com Hermann, Pentek e Otto (2015), a partir do trabalho de Kagermann, Lukas e Wahlster (2011).

Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) descrevem o conceito da seguinte forma:

> *No futuro, os negócios estabelecerão redes globais que incorporarão suas máquinas, sistemas de armazenamento e instalações de produção sob a forma de Sistemas Ciberfísicos. No ambiente de manufatura, esses Sistemas Ciberfísicos compreenderão máquinas inteligentes, sistemas de armazenamento e instalações capazes de trocar informações de maneira autônoma, atuando e controlando umas às outras independentemente (...). As novas fábricas que já estão aparecendo adotam abordagens completamente novas de produção. Produtos inteligentes são identificados de forma única e podem ser encontrados*

> *a qualquer momento, ter sua própria história, status e rotas alternativas até atingirem seu estado final* (p. 5).

A Figura 8 sintetiza as etapas da evolução da produção global.

Estamos, assim, na alvorada da Quarta Revolução Industrial, em que a possibilidade de aumento de complexidade industrial promovida pelas tendências econômicas, sociais, ambientais e tecnológicos oferece oportunidades inexploradas pela indústria brasileira de têxteis e confeccionados até o presente.

Estágio I. Protecionismo no Regime de Cotas
Limitação da produção e do consumo no mundo. Desenvolvimentos técnico, tecnológico, organizacional, estratégico, social e econômico orientados para a produtividade da manufatura em países de altos salários.
Estágio II. Fim das cotas e cadeias globais
Grande Arranjo da Produção Global, barreiras de entrada baseadas na exploração da MDO e das logísticas asiáticas.
Estágio III. Desenvolvimento do fast fashion
Redução do tempo, disseminação popular de TICS, efeito de cauda longa, novos canais de consumo, multiplicação e diversificação da oferta, velocidade de acesso a novos mercados.
Estágio IV. Fim das vantagens do trabalho de baixo custo
Fim do trabalho barato, alteração da matriz de custos (energia, transportes, infraestrutura TIC, ineficiência), riscos das incertezas sociais políticas e econômicas.
Estágio V. Produção local
Aproximação do consumidor e do produtor, manufatura ágil, sourcing de proximidade, retorno da atividade industrial, automatização, produção global, regional, local e individual, integração em redes com o consumidor, pequenas instalações fabris.
Estágio VI. Confecção 4.0
Sistemas produtivos autônomos; produção individual 3DP.

Figura 8. Estágios da evolução da produção têxtil e de confecção globalizada.
Fonte: Elaboração própria.

2.5. Oportunidades do aumento crescente da complexidade industrial

O fomento em países ricos para projetos de automação, robotização e *internetização* da produção (e.g. NSF, 2015d; DEUTSCHE..., 2014) sinaliza para a ênfase no aumento da complexidade industrial nos próximos anos a par-

tir da adoção de princípios da Indústria 4.0. As iniciativas na indústria de confecção (e.g. OWANA, 2012; GEORGIA TECH, 2014; VIMA, 2015), analisadas anteriormente, mostram que a mesma ênfase está sendo adotada no desenvolvimento de seus sistemas de manufatura.

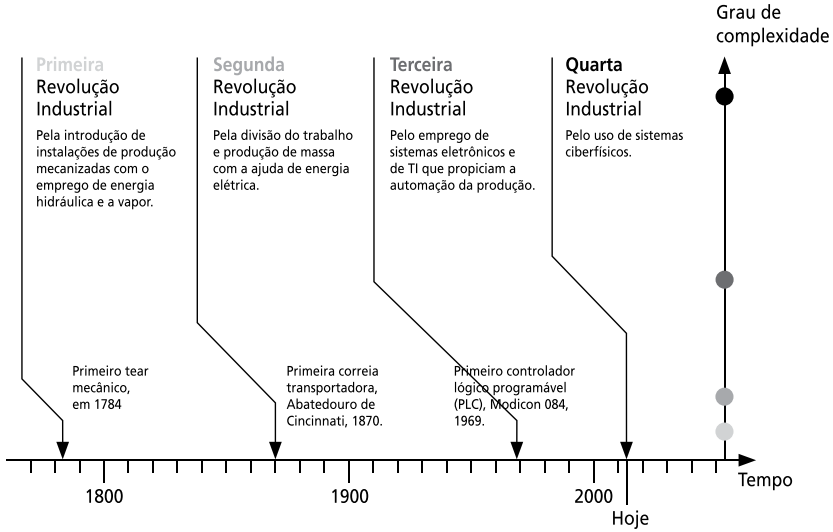

Figura 9. Evolução da complexidade industrial (Da Indústria 1.0 à Indústria 4.0).
Fonte: Adaptado de German Research Center for Artificial Intelligence em Nikolaus (2014).

A Figura 9 mostra a evolução da complexidade industrial ao longo do tempo, e o implícito aumento da produtividade resultante da substituição gradual da força de trabalho humano pelas tecnologias. Note-se que além da substituição do trabalho manual por sistemas exponencialmente mais produtivos, também deve-se considerar a substituição do trabalho intelectual por sistemas da mesma forma mais produtivos no ambiente de produção.

Na indústria têxtil e de vestuário, o crescimento da produtividade tem se mostrado um entrave ao desenvolvimento da competitividade. Os Gráficos 1, 2 e 3 mostram as evoluções da produção e da produtividade comparadas à evolução dos salários nos últimos anos.

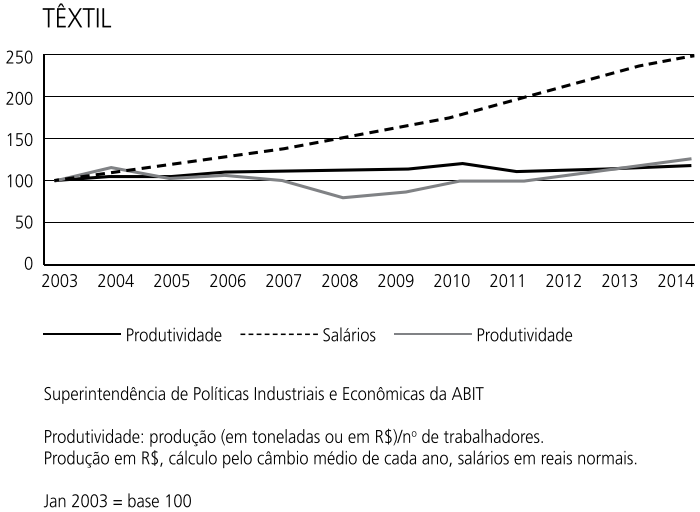

Gráfico 1. Produtividade na indústria têxtil.
Fonte: ABIT (2016) com dados da RAIS (BRASIL, 2013) (salários) e IEMI (2013) (produção e número de trabalhadores).

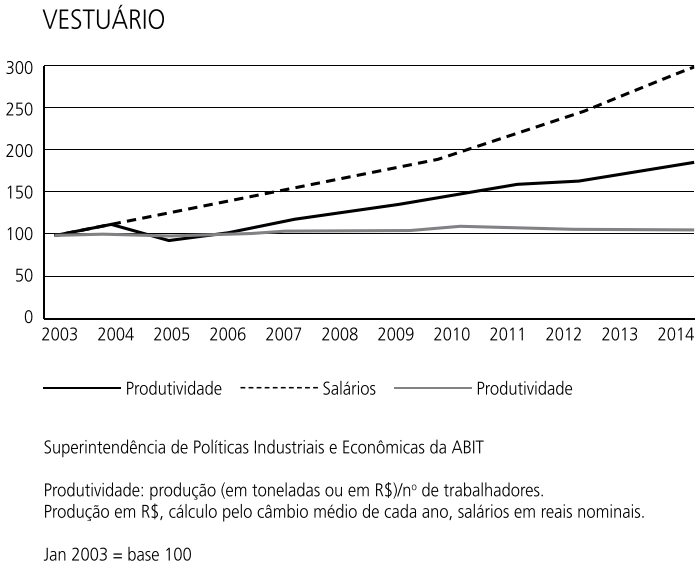

Gráfico 2. Produtividade na indústria do vestuário.
Fonte: ABIT (2016) com dados da RAIS (BRASIL, 2013) (salários) e IEMI (2013) (produção e nº de trabalhadores).

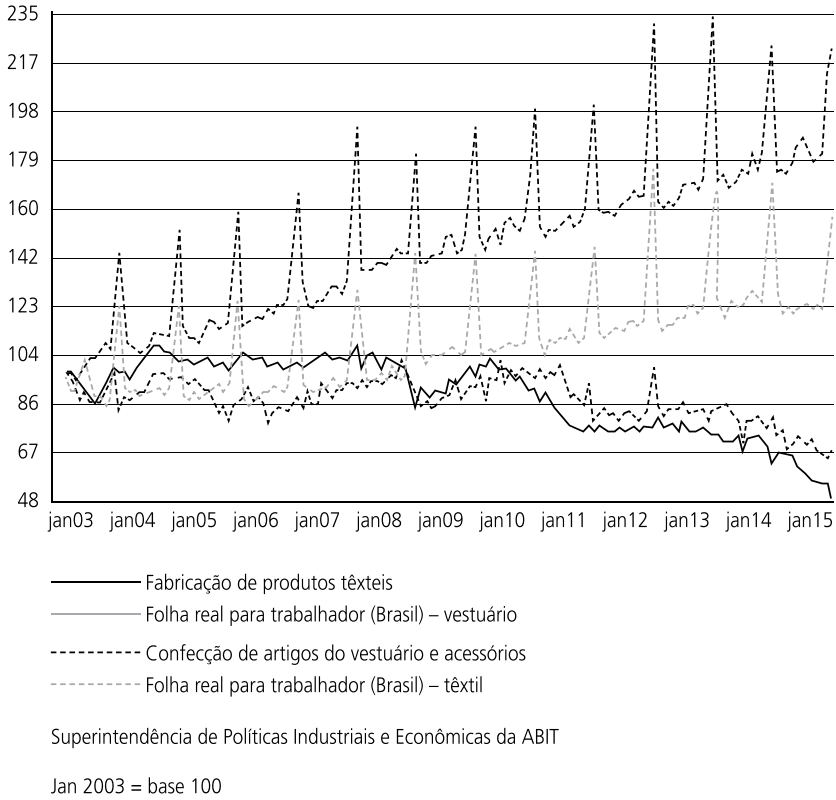

Gráfico 3. Produção versus salários reais nas indústrias têxtil e de vestuário. Fonte: ABIT (2016) com dados do IBGE (2015).

Observamos que o aumento dos salários não é acompanhado pelo efeito correspondente no aumento da produção em valor e quantidade. A associação da baixa eficiência dos investimentos em tecnologia e em salários com o desempenho do trabalhador é precipitada. Na verdade, os gráficos ilustram a dificuldade dos sistemas produtivos – e dos negócios de maneira mais ampla – em se adaptarem às profundas mudanças no ambiente competitivo que ocorreram nesse período. As gigantescas escalas de produção, a enorme diversidade de produtos e a multiplicação de coleções, associadas ao aparecimento de novos mercados e mudanças nos perfis sociais e econômicos dos consumidores, submeteram as empresas a incertezas e instabilidades inabituais à sua experiência, o que, possivelmente, seja a causa dos desequilíbrios que influíram na produtividade.

Box 7. Riscos e incertezas reduzem a produtividade

A dinâmica do consumo e da produção global produziu aumento da frequência de mudança de rotinas, de diversificação de produtos, processos, fornecedores e tipos de insumos, de set-ups e de reorganização da produção, influindo no desempenho dos gerentes e trabalhadores e na eficiência do planejamento e da execução das operações.

Riscos e incertezas deixaram de ser evitados para se tornarem parte essencial do problema da governança dos negócios.

Nesse ambiente, como previram alguns estudos, a migração do controle de toda a produção global para países asiáticos seria apenas uma questão de tempo. Como vimos, no entanto, as condições que induziam tal previsão mudaram. Barreiras como elevação de salários, alterações nas políticas de desenvolvimento, custos de energia, instabilidades políticas regionais, infraestruturas precárias e longas distâncias estão atraindo novos investimentos em tecnologia. As grandes escalas de produtos e insumos padronizados vão sendo substituídas pela individualização da produção, enquanto os períodos entre coleções vão se encurtando, assim como o tempo entre a criação e sua entrega.

Outro aspecto enfatizado em alguns trabalhos (e.g. BRYSON et alii, 2013; MANYIKA et alii, 2012) que tem se consolidado ao longo dos anos, é o embaçamento da distinção entre a manufatura e os serviços. Tradicionalmente, a manufatura é entendida como uma atividade de transformação de matérias-primas em produtos acabados. Este não é mais o caso em muitas indústrias e seguramente não será mais o caso na indústria têxtil e de confecção do futuro. A sofisticação da produção requer maior aproximação do consumidor para a oferta de serviços que exijam conhecimentos técnicos e tecnológicos também mais sofisticados, além de permitir a interação ágil e em tempo real com os serviços de projeto, pesquisa e desenvolvimento, distribuição e comercialização. É o que Bryson et alii (2013) chamam de hibridização da manufatura.

A transformação da manufatura para a oferta de soluções de serviços combinados com os produtos é parte de um processo de desenvolvimento de novas formas avançadas de manufatura chamada de *knowledge-based manufacturing*, na qual produtos se tornam similares a serviços enquanto serviços estão sendo industrializados. Este processo de hibridização fará

com que políticas industriais sejam alteradas para políticas de produção, com escopo bem mais amplo que reproduza a mesma forma híbrida (BRYSON et alii, 2013).

Box 8. Hibridização da manufatura e dos serviços

A hibridização da manufatura e dos serviços é uma tendência que favorece a captação de novas riquezas pelos produtores. Produtos estão assumindo características de serviços e vice-versa. Uma atividade impulsiona a inovação na outra, ciclicamente, contando com a ativa participação do consumidor desde a criação até o descarte ou reconfiguração do produto. A ênfase das políticas migrará de Políticas Industriais, que confinam a atuação industrial, para Políticas de Produção, que envolvem todos os atores das cadeias de valor.

Neste novo mundo que se anuncia para o consumidor, as tecnologias produtivas tradicionais serão paulatinamente substituídas. A complexidade industrial aumentará exponencialmente, eliminando, quase simultaneamente, operários e estoques intermediários.

A complexidade econômica tem sido tratada por Hausmann, Hidalgo et alii (2011) como um índice para explicar o desenvolvimento econômico dos países e a produtividade de suas indústrias. Para os autores, o vão que separa as nações pobres das ricas expressa, em grande parte, a diferença de conhecimento produtivo entre elas. Tais diferenças estão representadas na diversidade e sofisticação das coisas que cada uma produz, nos tipos de produtos que cada uma é capaz de fabricar. Por isso, o acúmulo de conhecimento produtivo não é tão simples de conseguir, pois está relacionado à narrativa histórica de cada nação.

Hausmann, Hidalgo et alii (2011) constatam que quanto mais sofisticados são os produtos, mais difícil é para uma pessoa conhecer tudo o que é necessário para produzi-los. Além disso, segundo os mesmos autores, pouco desse conhecimento necessário está explicitado em livros ou meios acadêmicos, grande parte está nos cérebros e nas redes humanas, provém da experiência compartilhada. Profundas mudanças estruturais são requeridas para iniciar um processo de aprendizagem desse tipo. Para expandir o conhecimento produtivo de uma nação, é preciso ampliar o conjunto de atividades que ela é capaz de realizar. Um simples celular exige conhecimentos em áreas como tecnologia de baterias, cristais líquidos, design de microprocessadores,

desenvolvimento de *software*, metalurgia, fundição, produção enxuta, gestão de pessoas, entre diversas outras, lembram os mesmos autores.

Hausmann, Hidalgo et alii (2011) também consideram que se o conhecimento produtivo estiver ausente, seu acúmulo em fragmentos terá pouco sentido em lugares onde a indústria que os requer não exista. Onde ela existe, por outro lado, os autores observaram que o aumento de complexidade se dá passo a passo, nos campos de conhecimento, ou nos produtos que já existem para criar outros que não sejam muito distantes em grau de complexidade.

Box 9. Complexidade e sofisticação produtiva

"Para que uma sociedade opere em alto nível de conhecimento produtivo, seus indivíduos devem conhecer coisas diferentes (...). Para que o conhecimento seja produtivo, as sociedades precisam que esses bits dispersos sejam reunidos em times, organizações e mercados (...). É mais fácil iniciar novas indústrias em países que precisarão reutilizar, na maior parte, aquilo que já conhecem."
Hausmann, Hidalgo et alii (2011, p. 7)

Este é, precisamente, o caso da indústria têxtil e de confecção no Brasil. A estrutura existe, é ampla, diversificada e sofisticada. A questão é que, como foi mostrado até aqui, um aumento brusco de complexidade está para ocorrer. O conceito de produtos dessa indústria – e sua interação com sua cadeia de valor – está para ser alterado por bases científicas e tecnológicas muito diferentes – em diversidade e sofisticação – das que hoje são empregadas.

Ao mesmo tempo que as novas tecnologias de manufatura avançada criam oportunidades para concorrer com a produção tradicional de países asiáticos, elas estabelecem uma ruptura industrial profunda, que abre a concorrência com países de alta complexidade econômica, como EUA, Alemanha e Inglaterra, para citar apenas as iniciativas visitadas neste trabalho.

Para o caso brasileiro, problemas como falta de mão de obra operacional e concorrência dos canais de distribuição com grandes varejistas podem ser reequacionados.

Ao contrário do que é preconizado pelo senso comum, o aumento da complexidade da produção não implica, necessariamente, na eliminação total da atuação humana no ambiente fabril. Assim como na época de Adam Smith (SMITH, 1801), ainda hoje, mesmo empresas altamente intensivas em tecnologia dependem da criatividade de seus trabalhadores para

gerarem novas ideias, capazes de aumentar, anualmente, a produtividade em até 40% (KREUTZER, 2014).

Em ambientes mais complexos, um trabalhador atua de forma mais conectada com outros trabalhadores e com outras firmas e deve ter conhecimentos mais amplos. Sua produtividade é, portanto, medida em outras bases, mais fluidas porque associadas à sua capacidade de contribuir para a criação de valor novo. Profissionais capazes de criar valor podem ser mais bem remunerados sem que isso represente perda de competitividade, como nos Gráficos 1 e 2 anteriormente analisados.

Além disso, a virtualização da produção elimina estoques e desperdícios de toda sorte, fazendo com que o trabalho humano seja mais eficiente quanto ao aproveitamento de energias e materiais, além de permitir que testes sejam efetuados sem prejuízos. Experiências de projeto e desenvolvimento de novos produtos podem ser realizadas em número muito maior, fomentando a inteligência produtiva.

Em um sistema produtivo robotizado e virtualizado, trabalhadores mais qualificados e talentosos substituirão operadores de máquinas, serão muito mais produtivos e gerarão mais riqueza porque apoiados por tecnologias muito mais produtivas do que a força de trabalho humano.

Outra questão que ilustra uma dificuldade crônica da indústria atual é o crescimento da governança do grande varejo sobre as cadeias produtivas. De acordo com especialistas e empresários entrevistados, estratégias de varejo estão ameaçando aniquilar multimarcas, canais tradicionais de escoamento da produção de micro e pequenas empresas.

Box 10. Complexidade e sofisticação produtiva

"O varejo teve grande crescimento, mas nossa indústria não participou desse crescimento."
"Nossa maior ameaça está no fato de que a perda de competência técnica e a defasagem tecnológica no presente inviabilizam o futuro."
CEO de grande empresa fabricante de fibras sintéticas

Associada à carência de costureiras, a dificuldade de escoamento seria um entrave definitivo para a preservação dessas estruturas. Empresários do setor de varejo avaliaram que poucas micro e pequenas empresas de confecção brasileiras são capazes de atender às exigências de qualidade, escala e prazos do grande varejo.

Box 11. Automação da confecção

"A automação de etapas da confecção pode ser um dos caminhos para a falta de costureiras."
Gerente comercial de grande empresa fabricante de fios naturais

Por esses motivos, mesmo estruturas mais coesas e integradas estrategicamente, por exemplo, os Arranjos Produtivos Locais não encontram motivação para continuarem a investir, como revelaram empresários entrevistados. Como sinalizam Bryson et alii (2013), economias de aglomeração não podem existir independentemente dos sistemas nacional e global de produção e não podem ser consideradas separadamente.

Todas essas questões são equacionadas pela substituição da estrutura de micro e pequenas empresas por uma nova estrutura de mini-instalações fabris automatizadas, conceitualmente discutidas anteriormente. A difusão de minifábricas intensivas em tecnologia sustentável, em substituição a estruturas heterogêneas das microempresas tradicionais, poderá oferecer muitos empregos de melhor qualificação – o que atrairia talentos para o setor –, com maiores eficiência e produtividade garantidas pela automação, robotização e integração tecnológica e, finalmente, qualidade do produto, com grande homogeneidade de parâmetros de produtos e processos e baixo impacto ambiental, permitindo atender não apenas ao grande varejo, mas, principalmente, ao consumidor final, desde que produtor e consumidor sejam integrados por plataformas digitais.

Box 12. Minifábricas automatizadas

"Uma única minifábrica automatizada e integrada engloba processamento de pedidos, design, modelagem, tingimento dupla face, impressão, etiquetagem, corte ótico, manipulação robótica, costura, acabamento, empacotamento e expedição."
Virtual Inventory Manufacturing Alliance (VIMA, 2015)

Quanto às aglomerações, apesar das novas tecnologias de produção implicarem em novos investimentos, micro, pequenas e médias empresas são consideradas essenciais para revigorar o setor industrial, sobretudo em sua capacidade de absorver e desenvolver inovações. Para tanto, o papel das instituições de pesquisa e desenvolvimento deve se adequar para oferecer

assistência técnica às PMEs nos processos inovadores e no projeto e prototipagem de novos produtos (BRYSON et alii, 2013).

A produtividade motivada pela adoção dos princípios da Indústria 4.0 poderá ser geradora de maior riqueza, aumentando a contribuição da indústria para a sociedade. ✪

CAPÍTULO 3
TENDÊNCIAS QUE MOLDARÃO A MANUFATURA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO NO MUNDO

Os aspectos mencionados até aqui podem ser organizados em tendências econômicas, sociológicas, ambientais e tecnológicas que alterarão as bases da economia e da tecnologia de manufatura no setor. As mesmas tendências orientaram a elaboração da Visão 2030 pelo CSITCB e servirão para desenhar ações e narrativas de desenvolvimento.

As análises apresentadas a seguir demonstram claramente a dificuldade crescente de categorizarem-se as tendências em disciplinas, reforçando a disseminação de fenômenos de hibridização entre dimensões sociotécnicas e econômicas, assim como a necessidade de abordagens transdisciplinares no estudo de causas e efeitos nas relações entre as evoluções da manufatura e da sociedade.

3.1. Tendências econômicas

De acordo com o relatório da consultoria McKinsey (MANYIKA et alii, 2012) sobre o futuro da manufatura na economia global, na próxima década, 1,8 bilhão de pessoas entrarão no mercado de consumo, que deverá dobrar, atingindo US$ 64 trilhões. As economias em desenvolvimento continuarão a orientar a produção de bens manufaturados, tornando-se tão importantes como mercados quanto têm sido em sua contribuição nas cadeias de suprimento globais. No entanto, o ambiente deverá se tornar ainda mais incerto e arriscado, ressalta o relatório.

		INTENSIDADE					
GRUPO	INDÚSTRIA	P&D	Trabalho	Capital	Energia	Comércio	Densidade de valor
G1: inovação global para mercados locais 34	Produtos químicos	Alta	Baixa	Alta	Média-alta	Média-alta	Baixa
	Veículos motorizados, trailers	Média-alta	Baixa	Média-baixa	Média-baixa	Média-alta	Média-alta
	Outros equipamentos de transporte	Alta	Média-alta	Baixa	Baixa	Média-alta	Média-alta
	Máquinas elétricas	Média-alta	Média-baixa	Baixa	Média-baixa	Média-alta	Média-alta
	Máquinas, equipamentos	Média-alta	Média-baixa	Baixa	Média-baixa	Média-alta	Média-alta
G2: processos regionais 28	Produtos plásticos e de borracha	Média-alta	Média-alta	Média-baixa	Média-alta	Média-baixa	Média-alta
	Produtos de metal	Baixa	Alta	Baixa	Média-alta	Baixa	Média-baixa
	Comida, bebidas e fumo	Média-baixa	Alta	Alta	Média-alta	Baixa	Baixa
	Indústria gráfica	Média-baixa	Média-alta	Média-baixa	Média-baixa	Baixa	Média-baixa
G3: commodities intensivos em energia e recursos 22	Produtos de madeira	Baixa	Alta	Média-alta	Alta	Baixa	Baixa
	Petróleo refinado, coque e nuclear	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Média-baixa	Baixa
	Papel e polpa	Média-baixa	Média-alta	Média-alta	Alta	Média-baixa	Baixa
	Produtos de base mineral	Média-alta	Média-alta	Média-alta	Alta	Baixa	Baixa
	Metais básicos	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Média-baixa	Média-baixa
G4: tecnologias globais e inovadoras 9	Computadores e máquinas de escrit.	Alta	Média-baixa	Alta	Baixa	Alta	Alta
	Semicondutores e eletrônicos	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Alta	Alta
	Equip. médicos, óticos e de precisão	Alta	Média-baixa	Alta	Baixa	Alta	Alta
G5: mercadorias intensivas em trabalho 7	Têxteis, confeccionados e couro	Média-baixa	Alta	Baixa	Média-baixa	Alta	Média-alta
	Móveis, joias, brinquedos, outros	Média-baixa	Alta	Média-baixa	Baixa	Alta	Média-alta

% do valor agregado na manufatura global

Alta Média-alta Média-baixa Baixa

Quadro 2. Diferentes influências dos fatores de produção segundo a categoria da indústria.
Fonte: Extraído de MANYIKA et alii, 2012, p. 5.

No Quadro 2 é possível observar os cinco grupos industriais – coluna 1 – que variam significativamente em suas fontes de vantagens competitivas. Seis diferentes fatores de produção – linha 1 – são relacionados aos grupos para qualificar a intensidade desses fatores em cada grupo por tipo de indústria. Para diferentes grupos, fatores como custos de energia e de trabalho, proximidade de talentos, mercados e parceiros, e parcerias com fornecedores e instituições de pesquisa têm pesos diferentes na busca de vantagens.

O quadro permite analisar diferenças não apenas entre grupos, mas na mesma indústria e em sua cadeia de valor. No setor têxtil, por exemplo, a produção tradicional é globalizada e migratória para todo lugar em que os custos de trabalho sejam baixos e para onde o transporte seja confiável. Podem-se, no entanto, antecipar as necessidades e fatores de sucesso dos

diferentes elos e atividades estratégicos de manufatura quanto à localização e as ênfases em inovação, à medida que esses elos devam se tornar mais intensivos em tecnologia, aglutinando características de diferentes posições no quadro.

As diferenças entre intensidades mostrada no quadro também podem sugerir reflexões estratégicas que transcendem o contexto tradicional de uma indústria e de seu grupo, buscando semelhanças com indústrias de outros grupos que enfatizem outros fatores de produção com maior capacidade de geração de valor e de liderança de mercados mais rentáveis. Pode-se vislumbrar o perfil e a importância do setor têxtil à medida que sua manufatura passe a contribuir mais efetivamente para a agregação de valor de seus produtos. Neste trabalho, os elos de Confecção e Fibras, por exemplo, considerados estratégicos pelo Comitê, podem orientar-se por estratégias de desenvolvimento similares às de indústrias intensivas em tecnologia e inovação.

Esta abordagem sustenta o emprego de estudos de futuro da manufatura que até há poucos anos não se coadunariam com o perfil industrial das indústrias do grupo G5, sobretudo no que se refere ao elo de Confecção, anteriormente restrito a rotas estratégicas baseadas em design, logística global de distribuição e baixos custos, preços, salários e qualificação do trabalho.

A transição da indústria têxtil e de confecção para um novo patamar de manufatura foi discutida e justificada no capítulo dois. No entanto, não se trata apenas de sua mudança para um outro grupo de intensidade de fatores de produção. Trata-se de sua adaptação aos desafios radicais que essas outras indústrias, tradicionalmente mais complexas e intensivas em P&D e capital, estão assumindo para si.

Com o objetivo de vislumbrar sua manufatura no futuro e de identificar vetores de mudança, o programa *Foresight* do gabinete de ciências do governo britânico desenvolveu um projeto de dois anos com cerca de 300 especialistas da indústria e da academia, líderes e *stakeholders* em 25 países, além de realizar seminários na Ásia, Europa e nos EUA (FORESIGHT, 2013). A indústria, de maneira geral, é vista como em estado de profunda mudança.

Tradicionalmente entendida como um processo de produção no qual as matérias-primas são transformadas em produtos físicos por inter-

médio de atividades que envolvem pessoas e outros recursos, a manufatura é agora vista no centro da cadeia de valor. A indústria de 2030 será radicalmente diferente da de hoje e praticamente irreconhecível do ponto de vista de trinta anos atrás.

Box 13. O renascimento da importância da indústria na economia

O projeto britânico Foresight (2013) parte do princípio que a atividade industrial se envolve mais frequente e intensamente em atividades de P&D e inovação e que, por isso, afeta outros setores por meio de amplos encadeamentos insumo-produto. Para os autores, a manufatura também apresenta maior resiliência econômica, pois os setores exportadores manufatureiros recuperam-se mais rapidamente de recessões do que os demais.

O termo indústria, nos próximos anos, estará cada vez mais associado à complexidade de sistemas ciberfísicos, autônomos, integrados e robotizados. Complexidade que, como disseram Hausmann, Hidalgo et alii (2011), resultará de produtos, processos e redes produtivas mais diversificados e sofisticados. Complexidade que exigirá profissionais também mais bem formados, mais produtivos, cujo trabalho será gerador de mais riqueza e melhor remuneração, potencialmente atraindo talentos para as indústrias.

A hibridização dos setores de indústria e serviços, já observada em exemplos de empresas que sofisticam o uso de seus produtos estendendo sua comunicação com o usuário final para a oferta de serviços, deverá se amplificar na área têxtil com a tecnologia embarcada em tecidos e roupas inteligentes. A oferta de serviços pela manufatura cria novas formas de comunicação bilateral permitindo um ciclo virtuoso de criação compartilhada em que as capacidades do usuário se ajustam às capacidades necessárias para a produção e para o uso dos produtos. Tal conciliação será cada vez mais necessária à medida que os processos de personalização se intensifiquem. Projetos de novos produtos virão acompanhados do projeto de novos serviços e serviços oferecidos disponibilizarão informações que influirão no desenvolvimento de novos produtos.

A dissipação das fronteiras entre setores econômicos é uma tendência que influenciará a filosofia de novos modelos de negócio, da segmentação de mercados e de perfis profissionais, já que aspectos técnicos, sociais e econômicos estarão mesclados em todas as fases do ciclo de vida de um produto.

De acordo com estudo do governo britânico, novas fontes de receita e de criação de valor transformarão os negócios ao longo do tempo (FORESIGHT, 2013). As previsões de novas fontes de valor provirão de:

- Aumento dos serviços oferecidos de forma associada com os produtos.
- Novas fontes de informação sobre o uso de produtos apoiadas em sensores integrados e dados abertos.
- "Produção sem fábrica" para captura de valor por meio da venda de conhecimento tecnológico, deixando a manufatura para outros atores.
- Remanufatura de produtos no final de seu ciclo de vida retornando às suas especificações originais ou ainda melhorando-as.
- Ênfase no consumo colaborativo em que nenhum cliente possui completamente um produto.
- Novas formas de aliança estratégica setorial e inter-setorial.
- Exploração mais rápida e eficaz de novas tecnologias.

Box 14. Novas categorias de valor

As novas tecnologias de materiais, produtos e processos, e a hibridização da manufatura com os serviços, todos obedecendo aos princípios de consumo e produção sustentável, criarão novos conceitos de produtos e serviços, gerando a exposição a novos mercados e abrindo novas possibilidades de criação de valor muito além do valor econômico.

As transformações do conceito de valor virão acompanhadas da alteração das noções que hoje estão associadas ao mercado de consumo. A expectativa da sociedade para que as empresas contribuam para a saúde e o bem-estar, mencionadas no projeto da Levi Strauss (2010), assim como as tendências da moda global para a criação de *Smart Consumer Experiences* (KIM et alii, 2014) e da indústria para a manufatura social impulsionada pelas tecnologias multimídias de *mining* de informação (SHANG et alii, 2013) deverão intensificar a criação de experiências híbridas que unam consumidores e produtores na criação, desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos e serviços em ciclos contínuos de evolução social do que hoje é definido como mercado. É a hibridização dos campos restritos às análises da Economia com aqueles restritos à Sociologia.

De maneira ampla, novos grupos de consumo se revelarão, como os Milênios, pessoas que até 2030 terão entre 15 e 30 anos, que algumas consultorias caracterizam pela diversidade de escolhas e uso intensivo de tecnologia (VEND, 2015; PWC, 2012). Além dos "Milênios", a consultoria Vend University (VEND, 2015) elenca outras tendências que moldarão o varejo, algumas delas revelando como as novas formas de compra refletirão no comportamento de novos mercados.

Funcionalidades comerciais incorporadas ao Facebook, Twitter e Instagram sinalizam para o aumento do grau de penetração em mercados, reforçando a importância do comportamento das novas gerações de consumidores. Um estudo global realizado por *Cone Communications* e *Echo Research* (CONE; ECCHO, 2013) mostrou que aproximadamente dois terços dos consumidores globais afirmam utilizar as mídias sociais para comunicar-se ou aderir a políticas de Responsabilidade Social Corporativa de empresas, visto que cerca de 87% já levam em consideração aspectos socioambientais em suas decisões de compra. No Brasil, o estudo revelou que 75% afirmaram que comprariam um artigo por uma boa causa, enquanto cerca de 95% atuariam como porta-vozes de ações de responsabilidades socioambientais corporativas. Tais posicionamentos enfatizam ainda mais a orientação para nova repartição entre os valores de utilidade, necessidade, responsabilidade e posicionamento social.

O emprego de tecnologias como POS (*Point Of Sale*) em nuvem, que elimina a caixa registradora, acopladas ao extensivo e intensivo uso de dispositivos móveis desviam o centro de equilíbrio da atividade da compra para a experiência de consumo, enquanto as tecnologias vestíveis e de realidade aumentada proporcionam cada vez mais experiências com novos conceitos de produtos e serviços híbridos.

3.2. Tendências sociológicas

A principal tendência sociotécnica que moldará o futuro da manufatura é a de individualização e personalização (I&P) dos produtos. Para Dickens et alii (2013), produtos e serviços que exploram I&P representam, atualmente, apenas uma pequena parte da economia global. Isso porque têm sido amplamente utilizadas em apenas duas das três áreas ilustradas na Figura 10.

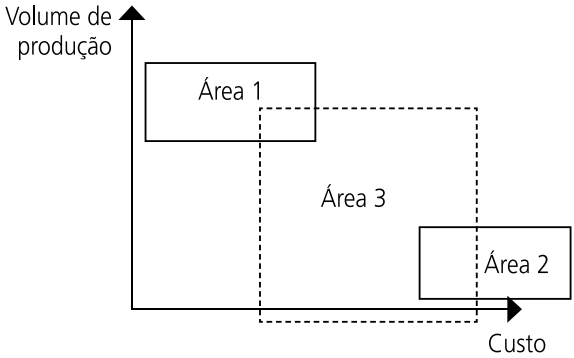

Figura 10. Áreas de I&P na economia global.
Fonte: Adaptado de Dickens et alii (2013, p. 26).

A Área 1 engloba produtos que podem ser personalizados na Internet e adquiridos por preços relativamente baixos. Teoricamente, são produtos que poderiam ser comprados por grande quantidade de pessoas, mas, na prática, restringem-se a pessoas habituadas com essas possibilidades e dispostas a empregar seu tempo na personalização do produto. A Área 2 corresponde a nichos de alto valor agregado, como carros e joias. Os custos e o lucro da personalização podem ser significativos, mas poucos podem usufruir dessas possibilidades. O verdadeiro impacto econômico da personalização, sugerem Dickens et alii (2013), ocorre quando as técnicas empregadas nas Áreas 1 e 2 passarem a ser adotadas na Área 3, na qual artigos de uso diário que atualmente são fabricados em larga escala poderão, no futuro, ser feitos por customização de massa.

A moda é um fenômeno dinâmico que projeta mudanças frequentes e regulares nos ambientes culturais, sociais, políticos, econômicos e estéticos, visto que as tendências que emergem são reconhecidas, adotadas e então desaparecem. A evolução das tecnologias de informação e comunicação e seu impacto revolucionário nos mercados e consumidores ainda precisam ser mais explorados no consumo de moda, mas experiências de *uploading* de fotos de pessoas vestidas com suas marcas preferidas no Instagram e Facebook, por exemplo, fazem com que esses *websites* funcionem como plataformas sociais, conectando consumidores com as marcas e revelando suas experiências de consumo (KIM et alii, 2014).

O acesso à informação global por meio de plataformas digitais transformou mercados tradicionais em espaços de mercado onde conteúdo,

contexto e infraestrutura estão recriando o conceito de valor. A informação de livre acesso está aumentando o poder de influência dos consumidores na criação e na compra de produtos na comunidade global, à medida que as pessoas capitalizam suas redes sociais, relacionamentos e conhecimento nos espaços de mercado (KIM et alii, 2014; HUANG et alii, 2013).

As experiências de consumo têm sido incorporadas em estratégias que evoluíram desde a simples satisfação de desejos e de necessidades racionais e funcionais, no que se convencionou chamar de *Total Consumer Experience*, passando para *Global Consumer Experience*, libertando o consumidor das restrições espaciais e temporais, até se transformar em *Smart Consumer Experience*, para facilitar e enfatizar a co-criação de valor pelo consumidor e levá-lo a vivenciar experiências baseadas na noção de pertencimento, conectividade e criação de redes sociais (KIM et alii, 2014). Essa linha evolutiva das estratégias empresariais reflete a tendência à onisciência e onipresença do consumidor final nos negócios de moda.

Box 15. Novos hábitos de consumo abriram novas frentes

Pelos intensos exercícios com o mercado de moda e pelo intenso uso das tecnologias de informação e de comunicação na última década, os consumidores da indústria têxtil e de confecção adquiriram hábitos e modos que tendem à Individualização & Personalização. As novas tecnologias de produção baseadas em sistemas ciberfísicos, automação, 3D Mirror e impressão 3D e os projetos de minifábricas consolidarão o futuro desta tendência.

Será cada vez mais necessário que a manufatura explore tendências de personalização nas quais o consumidor atue como fornecedor, designer e vendedor, não somente um simples comprador. Além de novas competências do trabalhador, novas áreas de oportunidades e de riscos também exigirão um novo perfil empresarial (LEVI STRAUSS & COMPANY, 2010).

No que concerne os efeitos nas profissões e ocupações, sistemas ciberfísicos, além de proporcionarem a cooperação entre máquinas, permitem o emprego de habilidades humanas pouco exploradas pelos sistemas tradicionais, orientando o sistema para o aumento da flexibilidade do processo produtivo. Não é provável que sistemas técnicos avançados venham suprir completamente a versatilidade, o conhecimento, as capacidades e as habilidades humanas em um futuro próximo. O que é mais provável é que o trabalho humano seja cada vez mais visto como parte essencial do siste-

ma produtivo, enquanto as tecnologias procurarão otimizar as habilidades individuais dos empregados assim como adaptar-se a elas (BRECHER, 2015).

As recomendações feitas pelo grupo de trabalho em Indústria 4.0 da Academia Nacional de Ciências e Engenharia da Alemanha (KAGERMANN et alii, 2013) consideram que os trabalhadores estarão gradativamente mais livres da realização de tarefas rotineiras, concentrando-se em atividades mais criativas e de maior agregação de valor. Quanto mais inteligentes se tornarem as fábricas, mais profundas serão as mudanças no papel desempenhado pelos trabalhadores. Haverá crescente aumento da necessidade de controle em tempo real, o que provocará alterações no conteúdo, nos processos e nos ambientes do trabalho. Os profissionais deverão assumir mais responsabilidades e investir em seu próprio desenvolvimento, o que resultará em novas formas participativas de projetar o trabalho e de aprendizado contínuo durante toda a vida profissional.

As estruturas organizacionais se tornarão cada vez mais flexíveis. Tal flexibilidade pode apresentar-se de forma cronológica e espacial, ou seja, criar trabalho em novas faixas etárias, incluindo idosos, e em diferentes locais. Por isso, novos modelos de empresas podem gerar novos empregos e atrair profissionais qualificados disponíveis, reduzindo a tendência de escassez de trabalhadores qualificados, o que já se verifica em países europeus, mas que poderá ocorrer também em países que queiram aumentar o nível de complexidade de sua indústria (DEUTSCHE, 2014). Para Flynn et alii (2012), por exemplo, a expansão da manufatura para a provisão de serviços permitirá aproveitar as capacidades de trabalhadores mais experientes. A reformulação das cadeias de valor e o redesenho do trabalho abrirão oportunidades para os mais velhos se moverem para outros papéis, com menor exigência de aspectos físicos, procurando aproveitar ao máximo seu conhecimento e experiência na manufatura, desde que, evidentemente, tenham desenvolvido continuamente suas competências e qualificações ao longo da vida profissional.

Devido às previsões de escassez de trabalhadores qualificados e de envelhecimento das sociedades, Kagermann et al. (2013) estimam que a organização flexível, temporal e física do trabalho resultará em novas formas de adequação entre a vida privada, o trabalho e o desenvolvimento profissional. Outro aspecto a ser considerado é a colaboração interativa entre os seres humanos e os sistemas tecnológicos, o que resultará no desenvolvimento de carreiras flexíveis a longo prazo. Inovações tecnológicas

dependerão de profissionais com iniciativa, autonomia, habilidades de comunicação e capacidade de organização do próprio trabalho. É o que se chama de competências metacognitivas.

O campo extremamente amplo de aplicações da indústria implicará em programas de treinamento cada vez menos padronizados. Assim, será cada vez mais importante o engajamento de um diálogo permanente das instituições com a indústria para garantir que suas necessidades se reflitam na formação e qualificação de pessoas, concluem Kagermann et alii (2013). As novas competências necessárias estarão, muito provavelmente, embutidas entre setores tradicionais e seus subsetores, e intersetorialmente.

O *Inclusive Design Toolkit*, desenvolvido pela Universidade de Cambridge (UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, 2015), propõe um modelo de "percepção, pensamento e ação" sobre como uma pessoa interage com um produto ou serviço: (a) percepção, em geral, requer habilidades sensoriais, (b) pensamento depende de habilidades cognitivas e (c) ação exige habilidades motoras, considerando-se que o ambiente atua como um quarto fator. De forma análoga, poderíamos refletir sobre a transposição dessas habilidades para o trabalhador da manufatura. As ferramentas se desdobram em três grupos e sete capacidades: sensoriais (visão e audição), cognitivas (pensamento e comunicação); e motoras (locomoção, acesso e elasticidade e destreza). Para entender, projetar e fabricar produtos a partir deste modelo é preciso desenvolver competências profissionais muito mais amplas do que aquelas usualmente requeridas dos trabalhadores, com nível de qualificação superior e características de multidisciplinaridade. À medida que nos afastarmos da produção de bens padronizados e nos aproximarmos da manufatura de bens personalizados, será cada vez mais necessário que os profissionais da indústria entendam as diferenças entre as capacidades reais dos usuários e as capacidades necessárias para o uso dos novos produtos ou serviços projetados.

Dickens et alii (2013) preveem que a integração digital dos processos de negócio e de manufatura e suas cadeias de suprimento permitirão que empresas que pagam altos salários a seus funcionários possam competir com trabalhadores de baixa qualificação e salários mais baixos. Com o aumento da difusão digital, as tecnologias sociais têm o potencial de elevar o desempenho de trabalhadores de alta qualificação em até 25%, o que por si só, para alguns autores, justifica o uso crescente de redes sociais no domínio da manufatura (MOHAJERI, 2015).

Ferramentas computacionais e de informática e automação tornarão viável a produção de bens de alta precisão e qualidade em pequenos volumes. Sistemas digitais de projeto e produção permitem a realização de simulações avançadas e por isso dependerão de especialistas com alto nível de formação científica e tecnológica. O uso intensivo e extensivo de grande diversidade e quantidade de dados carecerá de qualificações transdisciplinares; a interação do mundo físico com o mundo digital precisará de trabalhadores habituados ao ambiente cibernético, com treinamento em automação e melhor compreensão de modelos de negócio radicalmente novos. São, portanto, profundas alterações na divisão do trabalho ao longo de toda a cadeia de valor de um bem ou serviço, que implicarão em carência e escassez dos níveis médios e altos de formação na oferta de trabalho. Será preciso redirecionar doutores e Ph.Ds. para o ambiente industrial e difundir princípios pedagógicos característicos da formação superior nas formações básicas (DICKENS et alii, 2013).

As mudanças tecnológicas estão tornando a manufatura mais intensiva em capital e em profissionais bem formados, o que para Dani Rodrik (2013) reduz a elasticidade-emprego da industrialização e a capacidade da manufatura de absorver grandes contingentes de trabalhadores de baixa qualificação. Estudo do Deutsche Bank (2014) avalia que indústrias com sistemas de produção altamente automatizados tendem a requisitar uma quantidade declinante de empregados de baixa qualificação. É provável que a presença crescente das TICs na manufatura reduza drasticamente as operações manuais, tornando-se uma ameaça aos empregos de baixa qualificação. Poderá haver, no entanto, o aproveitamento de outras habilidades como aquelas relativas às capacidades sociais devido à crescente necessidade de integração entre departamentos. Haverá ainda necessidade de reconhecimento de capacidades dispersas entre várias indústrias para atuarem como parceiros no desenvolvimento (KAGERMANN et alii, 2013).

O European Centre for the Development of Vocational Training (CEDEFOP, 2010) participou do programa europeu para o emprego e solidariedade social produzindo um estudo sobre a oferta e demanda de qualificações na Europa. As conclusões ratificam que os empregos deverão se tornar mais intensivos em conhecimentos e qualificação, mas questionam a base atual sobre sua possibilidade de atender às demandas futuras. Se, por um lado, a natureza das mudanças industriais e tecnológicas aumentará expres-

sivamente a demanda por altas e médias qualificações, isso deverá ocorrer às custas dos empregos de baixa qualificação. Assim, muitos jovens de boa formação poderão ter de atuar em trabalhos antes ocupados por trabalhadores de baixa qualificação. Mas isso deverá ser um fenômeno temporário. Tais incongruências forçarão os indivíduos a enriquecerem seu trabalho de maneiras não previstas por seus empregadores.

Tantos desequilíbrios acabarão por refletir no aumento de requisitos profissionais em muitas ocupações, requisitos que ainda não foram identificados pelas classificações tradicionais. Será necessário validar aprendizagens formais e informais e garantir que as pessoas busquem caminhos próprios de aumento de suas competências e qualificações, contribuindo para a formatação das novas profissões. É necessário melhorar as fontes de dados, desenvolver novos levantamentos e estudar requisitos ocupacionais com maior profundidade.

Box 16. Novos requisitos profissionais

Os sistemas de classificação de atividades atuais são problemáticos porque ignoram as formas futuras que estão em gestação e assim, gradativa e paradoxalmente, contribuem para aumentar a incongruência entre as habilidades ofertadas e aquelas requeridas. As pessoas precisarão procurar caminhos próprios de formação e qualificação que não são identificados pelos sistemas atuais.

A European Textile and Apparel Confederation – EURATEX – contribuiu para os estudos sobre as profissões do futuro no setor têxtil e de confecção da União Europeia. Em seu último relatório sobre qualificações necessárias para o setor (cf. EURATEX, 2014), algumas de suas premissas estão alinhadas com a percepção de alguns entrevistados na realização deste trabalho:

- Tradicionalmente, as indústrias têxteis e de confecção empregam grande proporção de mulheres, não apenas em serviços, mas também na administração e também nas atividades de produção.
- O setor está envelhecendo e se apoia nas capacidades de trabalhadores mais velhos.
- Enquanto a indústria têxtil é intensiva em capital e fabricante de bens de alto valor agregado, a indústria de confecção tem sido responsável pela maior oferta de empregos.

Mencionando as análises da demanda futura do setor feitas pelo CEDEFOP, o Relatório do European Sector Skills Council Textile Clothing Leather Footwear (2014) confirma a necessidade de alta e média qualificações à medida que o setor se mover em direção a técnicas de produção sofisticadas.

Apesar de manter uma abordagem conservadora para atender as diferentes capacidades nacionais de suas federações, o trabalho da EURATEX assume a necessidade de preparação de profissionais para o setor têxtil e de confecção nas mesmas linhas que se desenham para todos os demais sistemas de produção do futuro. Assim, recomendam iniciativas que congreguem inovação com o desenvolvimento de competências profissionais e com a evolução do mercado de trabalho. Para atrair novos trabalhadores qualificados, sugerem a implementação de estratégias de comunicação e o desenvolvimento do conceito de aprendizagem ao longo da vida no setor.

Os estudos revisados neste trabalho não especificam ou detalham as características do emprego futuro, mas são unânimes em enfatizar as grandes transformações que estão em curso, como: flexibilidade no espaço e no tempo do trabalho, transdisciplinaridade das qualificações e das competências, interdependência entre as tecnologias e as habilidades necessárias para explorá-las, envelhecimento da força de trabalho, eliminação do trabalho de baixa qualificação e aumento das oportunidades para profissionais de alta qualificação.

Seguindo a tendência de países com economias bem desenvolvidas, a sociedade brasileira precisará acomodar trabalhadores com idades mais avançadas. Uma indústria mais complexa e automatizada abrirá caminho não só para trabalhadores mais velhos, mas também poderá voltar a atrair mão de obra para a manufatura, cuja rejeição pelo ambiente industrial tem sido crescente, como constatado, por exemplo, na indústria de confecção brasileira. O aumento da necessidade de competências profissionais de alto nível de qualificação alterará o perfil dos trabalhadores industriais, que deverão mesclar habilidades e conhecimentos técnicos especializados com os de gestão e de negócios para gerir projetos complexos e processos de elevada dinâmica de transformação nas cadeias de valor.

3.3. Tendências ambientais

A escassez de água e energia observada em alguns países tem enfatizado a visão sombria de um mundo em que a depleção dos recursos naturais ocor-

re a uma taxa maior do que sua reposição. A ampliação das bases de consumo no período de crescimento global não foi totalmente eliminada pelas crises financeiras e econômicas. Se os países passaram a crescer menos, o consumo foi mantido em patamares elevados. Nesse contexto, a moda só fez enfatizar suas características de expansão de oferta de produtos e de encurtamento de seus ciclos de vida.

Por pressões crescentes de consumidores e de movimentos sociais, políticas públicas e estratégias privadas têm enfatizado a cultura da sustentabilidade como um novo valor a ser adicionado ao valor econômico. Mesmo países como China estabeleceram limites aos impactos ambientais e à exploração do trabalho em sua produção (ZHU; PICKLES, 2013). O aumento progressivo do volume de resíduos domésticos e industriais é um claro indicador de mudanças de paradigmas sociais e ambientais.

Rodrik (2013) julga que as preocupações com o meio ambiente têm tornado caras as indústrias sujas e todos os produtores enfrentarão, mais cedo ou mais tarde, pressões crescentes para o uso de tecnologias que gerem menos poluição e gases de efeito estufa. À medida que a preocupação ambiental aumentar sua importância, os requisitos tecnológicos reduzirão as vantagens comparativas dos países em desenvolvimento: não apenas pelo grau de atualização das tecnologias, mas sobretudo pela necessidade de competências ambientais nas empresas.

Tecnologicamente, essas tendências influem desde a criação de novos materiais – mais fáceis de reciclar e de reutilizar, que consumam menos água e energia de transformação, menor quantidade de produtos tóxicos e que sejam biodegradáveis ou pelo menos causem baixo impacto ao meio ambiente – até a de novos processos mais produtivos, sem desperdícios de qualquer natureza.

Na indústria da moda, empresas como a Levi Strauss & Co. procuram influenciar parceiros e consumidores para a produção global sustentável. No relatório *Fashion Futures* (LEVI STRAUSS & COMPANY, 2010), são apresentados cenários e sugeridas orientações estratégicas. Em um futuro assumido como incerto e radicalmente diferente do presente, a construção de uma rota sustentável é considerada uma providência emergencial que dependerá de especialistas em mudanças climáticas e gestão de consumo de água nas empresas, assim como de inovadores para projetar produtos com *design desmontá*vel e em *closed-loop.*

De acordo com o estudo da Levi's, entender os impactos dos ciclos de vida de seus produtos e serviços, inclusive aqueles fora de sua área de influência na cadeia de valor, será crítico para a capacidade de adaptação das empresas. Todos os impactos diretos e indiretos estarão sob a responsabilidade da empresa líder.

Outro aspecto relevante considerado refere-se às expectativas da sociedade quanto às marcas: elas deverão atender necessidades sociais e contribuir para a geração de bem-estar. Os negócios precisam de uma sociedade estável e próspera, o que faz com que ambos se alinhem em interesses de longo prazo para criar uma economia forte, resiliente e de baixo carbono.

Box 17. Oportunidades em áreas desconhecidas

Segundo a Levi's, um futuro sustentável revelará negócios que interagirão de formas muito diferentes das que temos no presente. Para participar de um novo sistema e de novas oportunidades, uma empresa deverá empreender em áreas absolutamente desconhecidas atualmente.

A ecoinovação é o principal caminho a ser trilhado; o design assume papel essencial no rumo de uma manufatura zero carbono. Sistemas produto-serviço sustentáveis baseados em desmontagem, durabilidade, possibilidades de retorno e de reprocessamento devem ser projetados desde o início do processo de inovação.

O SENAI CETIQT e o Ministério do Meio Ambiente italiano desenvolveram um projeto de mensuração da pegada de carbono de seis produtos com apelo sustentável de uma empresa de moda brasileira com atuação internacional (BRUNO; VALLE, 2014). O levantamento empregou métodos quantitativos de avaliação de ciclo de vida e seguiu a cadeia de fabricação dos produtos realizando medidas de quilogramas-equivalentes de CO_2 em diversos estados brasileiros onde se encontravam os fornecedores. As medidas foram relacionadas a agricultura, materiais, consumo de energia, transporte de materiais, distribuição e desperdício. Os resultados evidenciaram que alguns produtos de maior apelo sustentável para o consumidor, feitos com novas matérias-primas, apresentaram impacto ambiental superior ao das matérias-primas tradicionais que pretendiam substituir. Processos novos tendem a gerar mais desperdícios de tempo, de recursos naturais e de energia e apresentam lacunas de conhecimento técnico e tecnológico a respeito do emprego eficiente e

controlado de insumos nocivos. Muitas vezes, a substituição de um material tradicional por outro sem as mesmas características de nocividade não significa, necessariamente, que ao longo de todo o seu processamento em bases artesanais seu impacto será efetivamente menor. A quantificação dos impactos deve ser introduzida como um parâmetro de projeto e de engenharia para garantir a eficiência ambiental das alternativas selecionadas.

A medida de pegadas de carbono, ou de unidades análogas, no futuro, será um processo incorporado às demais mensurações a que as empresas de manufatura estão habituadas a realizar apenas com a motivação econômica, pois esta será a forma de comunicação do esforço sustentável das empresas com o consumidor, à medida que este se habitue com as formas de quantificação do valor da produção sustentável.

Como concluem Bruno e Valle (2014), rotas sustentáveis deverão considerar quatro vetores de transformação revelados pelo projeto:

Governança da cadeia de valor sustentável: contratação e subcontratação deverão ser guiadas pelas necessidades de confiança, liderança estendida e compromisso com princípios de produção sustentável. Novos tipos e formas de contratos e de transações de coleta sistemática de dados, desenvolvimento de competências ambientais e empregos de métodos de mensuração de impactos deverão surgir.

Estratégias de recursos humanos: seleção e treinamento deverão incluir sistemas de avaliação capazes de medir competências ambientais em todos os níveis técnicos, econômicos e gerenciais.

Mudança organizacional: gestores ambientais deverão ter participação efetiva no desenvolvimento de produtos e estratégias de marketing, evitando a disseminação de informações incorretas sobre os atributos sustentáveis dos produtos.

Tecnologias integradoras: sistemas de gestão sustentável deverão ser customizados para pequenas empresas de manufatura e de produção semiartesanal. Sistemas e métodos tradicionalmente empregados por grandes empresas não se adéquam aos recursos técnicos, organizacionais e humanos muitas vezes presentes nos pequenos negócios. À medida que micro, pequenas e médias empresas tornarem-se mais intensivas em tecnologia, nos modelos discutidos neste trabalho, no entanto, os novos sistemas de produção deverão integrar automaticamente os processos de garantia da sustentabilidade às novas capacidades industriais.

3.4. Tendências tecnológicas

Os diversos estudos acadêmicos, governamentais e privados revisados nesta obra corroboram o aumento de complexidade da manufatura em todos os setores (e.g. DICKENS et alii, 2013; BRYSON et alii, 2013; DEUTSCHE, 2014; ZÄH, 2014; NIKOLAUS, 2014). Reunidos, esses trabalhos apontam tendências tecnológicas que moldarão o futuro das tecnologias produtivas.

Os movimentos de transformação da base tecnológica da indústria de confecção, também revisados (e.g. BOOK et alii, 2010; DUGENSKE; LOUCHEZ, 2014; POLVINEN, 2012a; 2012b), deverão fazer com que esta indústria deixe de ser intensiva em mão de obra de baixa qualificação.

Box 18. A Confecção 4.0

As inovações tecnológicas na Confecção farão com que esta indústria assuma características atuais e futuras das indústrias intensivas em tecnologia, atraindo empreendedores com perfil tecnológico e criando empregos para profissionais com nível superior de formação.

Assim, seguindo as mesmas preconizações do projeto *Future of Manufacturing: a new era of opportunity and challenge for the UK* (UK, 2013), do *Department for Business Innovation & Skills* do governo britânico, a manufatura do futuro e, por extensão, da Confecção 4.0, será moldada pela rapidez de resposta ao consumidor da fábrica digital.

Tecnologias desempenharão um papel central nesse aspecto – assim como nos aspectos ambientais e econômicos –, reduzindo progressivamente a distância entre a produção de massa que enfatiza economias de escala e a fabricação de produtos customizados de maior valor. Manufatura aditiva (ou 3DP), novos materiais, biotecnologia e química verde oferecerão novas formas de personalização. Produtor e consumidor passarão a compartilhar o valor criado. No que se refere à distribuição, a fábrica do futuro – intensiva em tecnologia e alta qualificação, limpa e compacta, ocupando pouco espaço – estará ao lado do consumidor, no lar, no campo, no escritório ou mesmo em plataformas espaciais (FORESIGHT, 2013).

Outro aspecto significativo da intensificação da complexidade e da necessidade de proximidade entre a indústria e o consumo é a digitalização da cadeia de valor. A fábrica digital permitirá a eliminação de todos os desperdícios de materiais e de tempo associados ao desenvolvimento e fabrica-

ção de novos produtos. A partir de projetos virtuais, ocorrerão montagens e processamentos virtuais. Por meio de simuladores, todos os parâmetros de produção serão manipulados virtualmente (PEASE, 2014).

Testes poderão ser feitos sem produzir desperdícios, tradicionalmente tão custosos em tempo, materiais, energia, água e capacidades humanas no desenvolvimento de novos produtos no setor têxtil e de confecção, por exemplo. A integração digital com fornecedores, neste patamar, permitirá sua participação direta no desenvolvimento e no design, enquanto com o consumidor se dará pelo uso de tecnologias de virtualização 3D em plataformas em nuvem. Além de sustentável, a fábrica digital propiciará ganhos econômicos, pois proporcionará a eliminação de estoques, inclusive em trânsito. Mais uma vez, observa-se a necessidade de abordagem transdisciplinar, desta feita para analisar causas e efeitos mútuos entre os sistemas tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais.

A integração digital associada à robotização com o apoio de computadores e de sistemas de informação disseminarão novos processos radicais de transformação – como a bioengenharia –, além da produção em escalas nanométricas com alta precisão (DICKENS et al, 2013), o que possibilitará a abertura de novos mercados e a produção de novos conceitos de produtos.

As tecnologias essenciais para o desenvolvimento dos sistemas produtivos do futuro, em qualquer setor industrial, estão sintetizadas no capítulo quatro a partir dos estudos de consultorias, artigos científicos e projetos governamentais revisados neste trabalho.

Note-se que a abordagem escolhida para a orientação tecnológica no projeto Visão 2030 difere em escopo e especificação daquela adotada na Visão 2023. Em lugar da busca por tecnologias de ponta disponíveis ou em desenvolvimento para um segmento – como o de roupas profissionais escolhido naquela ocasião – optou-se por uma ênfase generalista capaz de revelar desenvolvimentos tecnológicos com capacidade de permear todos os desenvolvimentos futuros no setor, assumindo que a orientação de seus investimentos seguirá os princípios da manufatura avançada e das tendências sociais, econômicas, ambientais e tecnológicas, aqui já estudados.

Historicamente, os relatórios produzidos ao longo da última década pelo SENAI CETIQT e por associações setoriais a partir de visitas a feiras de tecnologia, assim como outros estudos e projetos que foram voltados para a especificação de tecnologias de máquinas, equipamentos e materiais apoia-

ram a indústria nacional na seleção de estratégias de modernização tecnológica. A mudança radical de patamar científico e tecnológico do setor, no entanto, carece de ações coordenadas e sistêmicas de tal magnitude que ultrapassam orientações pontuais ou iniciativas institucionais fragmentadas. As próprias rotas tecnológicas descritas no EPSTC (ABDI, 2010) não provocaram, até o momento, os efeitos multiplicadores na extensão esperada, em termos de difusão de seus resultados, tendo sido o trabalho mais usado em suas orientações generalistas e conceituais. No início da década de 1990, algumas empresas que tomaram a dianteira na modernização tecnológica, adquirindo teares a jato de ar de maneira isolada, enfrentaram quedas de eficiência significativas na fabricação de tecidos devido à qualidade – baixa resistência – dos fios produzidos em filatórios de anel datados do século XIX, que não foram imediatamente substituídos, e às dificuldades de adaptação de seus profissionais de produção. Isso se deveu, em parte, porque a adoção de novas tecnologias de produção é cada vez menos um processo singular, sendo cada vez mais dependente, não apenas de investimentos coordenados de todo o sistema de produção, mas também extensivo aos negócios, às suas redes de valor e ao ambiente institucional – financeiro, regulatório e educacional – e social em que a modernização ocorre. ✪

CAPÍTULO 4
TECNOLOGIAS UBÍQUAS

A identificação e seleção das tecnologias ubíquas, neste trabalho, enfatiza a informação como unidade de análise. Essa opção justifica-se para que ocorra a transformação da estrutura industrial e para que esta assuma a organização em redes produtivas virtuais. Termo amplamente empregado para designar relações entre entidades sociais e econômicas, o conceito de rede produtiva traz consigo mudanças profundas na forma como as empresas competem e colaboram. A partir dos trabalhos seminais de Coase (1937) e Williamson (1979), que identificaram os limites da firma pela análise dos custos de transação e pela necessidade de governança de ativos internos e externos, Sturgeon (2002) introduziu os conceitos de redes de produção modulares e de governança de cadeias de valor globais. Como ilustrado em seu trabalho, as redes produtivas assumiram importância crescente com a globalização, gerando novas formas de relacionamentos entre empresas à medida que aumentavam as dificuldades de se estabelecerem relações contratuais formais e duradouras.

Atualmente, a margem obtida por uma empresa depende mais de seu posicionamento em sua rede produtiva do que de seus competidores diretos, homólogos em outras redes. O controle de ativos escassos, em geral associados aos conhecimentos de mercado e de tecnologias inovadoras, é a única forma de estabelecer e garantir margens em uma rede. Só aqueles que dominam conhecimentos raros e específicos na rede podem investir em marca e design, simplesmente porque estes ativos estão associados à capacidade de diferenciação e criação de valor que não sejam acessíveis à maioria dos participantes da rede, seja por carência de profissionais, por insuficiência organizacional, seja por atraso tecnológico. Esta forma de organização industrial é determinante de novas orientações estratégicas e do

aparecimento de novos modelos de negócio porque exige, ao mesmo tempo, cooperação e disputa por posicionamento na hierarquia de governança da rede.

A orientação pelos princípios da Indústria 4.0, a partir da união de sistemas materiais e informacionais pelas TICs, sensores, atuadores e controladores e pelo desenvolvimento da Internet das Coisas, faz com que tudo o que é transacionado na rede, incluindo tudo o que é produzido, seja, em grande parte, *informação*, daí a importância dada, neste trabalho, a essa dimensão na identificação e seleção das tecnologias ubíquas.

Tendo por base trabalhos publicados em revistas científicas e estudos internacionais relevantes, e assumindo a informação como a célula *mater* do novo organismo industrial, nove áreas de conhecimento tecnológico serão analisadas quanto às características que deverão ser enfatizadas em cada uma. Exemplos de sua aplicação no setor serão apresentados para, em seguida, serem especificados.

4.1. Automação & robótica

Elaborado a partir de Dickens et alii, 2013; Foresight, 2013; Book, 2010; Batchelor, 2012; Golnabia; Asadpourb, 2007; Ogawa, 1984; Shimano et alii, 1984; Bernardon; Kondoleon, 1985; Edberg; Nilssori, 1985; Gershon e Porat, 1986; Gershon, 1987; 1988.

A robótica tem expandido suas aplicações, tornando-se, a cada dia, mais popular na manufatura em todos os segmentos, pois reduz custos de trabalho e problemas associados à permanência de seres humanos em ambientes inóspitos ou insalubres. O uso de automação e robótica varia desde simples operações de transporte até robôs multieixos com sistemas de visão integrados e capacidade de adaptação em tempo real. Os avanços esperados tornarão as operações rotineiras atuais de manufatura obsoletas. Veículos autônomos ou semiautônomos impulsionarão o desenvolvimento da visão computacional, de sensores, incluindo radares e GPS, e de algoritmos de controle remoto. Medidas em 3D e visão de máquina permitirão a adaptação às condições do ambiente e o acompanhamento de gestos humanos. O treinamento em automação será gradualmente fundamental para a formação de competências estratégicas, mas deve ser pensado de maneira a envolver os trabalhadores de baixa qualificação, que sairão do mercado de trabalho. Na confecção, a manufatura automatizada atingiu um estágio sem

precedentes. Sistemas de costura robótica têm sido desenvolvidos desde a década de 1980. As tentativas iniciais partiam da máquina de costura tradicional, procurando-se aumentar o número de dispositivos que permitissem a eliminação do operador humano. A mudança da abordagem, procurando-se alterar os dispositivos tradicionais para permitir o controle do posicionamento e da manipulação de duas peças do tecido, abre caminho para a eliminação completa do operador. O emprego da visão de máquina para determinar a posição de costura em relação aos fios é fundamental para a automação da confecção. A tecnologia se relaciona com visão computacional, processamento de imagens, inteligência artificial e reconhecimento de padrões. Trata-se de um ramo da engenharia de sistemas que tem sido usado, dentre aplicações de supervisão de qualidade, para controlar máquinas na manufatura. Em geral, as funções esperadas de uma visão de máquina são a exploração e a imposição das restrições de uma cena, a captura de imagens, análise das imagens capturadas, reconhecimento de objetos e de suas características e iniciação de ações subsequentes com finalidade de aceitar ou rejeitar os objetos correspondentes, funções essenciais para a automação da costura industrial.

4.2. Tecnologias de informação e de comunicação

Elaborado a partir de Dickens et alii, 2013; Foresight, 2013; Deutsch, 2014; ViMA, 2015.

Modelagem e simulação da manufatura integradas a todos os processos de design, juntamente com ferramentas de realidade virtual, permitirão que todos os produtos e processos sejam otimizados em um fluxo crescente de validação dos princípios de produção ágil, ou seja, *just in time*, resposta rápida e produção enxuta. Com o apoio de novos materiais e de máquinas generalistas, a produção física ocorrerá em estágios cada vez mais avançados do processo, aproximando-se fisicamente do consumidor final. Adotando princípios da Indústria 4.0, as formas de organização do trabalho, os modelos de negócio e os serviços usarão TICs para unir a produção a todas as demais atividades necessárias para a agregação de valor percebido pelo consumidor, também integrado pelas mesmas tecnologias. A reorganização vai desde o suprimento em matrizes inteligentes de energia até a logística inteligente. No ambiente técnico, o conceito é baseado na integração dos sistemas ciberfísicos na produção e na logística. O fluxo de

informações digitais ocorre sem solução de continuidade ao longo de toda a cadeia de valor. No setor têxtil e de confecção, em projetos como Apparel Made For You (AM4U), as TICs permitem a integração do consumidor com a produção ativada pela compra, sistema em que a produção unitária de peças de roupa é ativada a partir do lar pelo usuário.

4.3. Sensores & atuadores

Elaborado a partir de Book et alii, 2010; Dickens et alii, 2013; Foresight, 2013; Magnenat-Thalmann et alii, 2007; Varheenmaa; Meinander, 2007.

A revolução da manufatura ocorrerá por meio da integração de sensores em rede, conectando produtos aos processos e à Internet. Os fluxos de dados dos produtos permitirão a criação de novos serviços, a gestão autônoma de estoques pelo sistema, o autodiagnóstico de defeitos e a autocorreção antes que as falhas ocorram, além de minimizarem o consumo de energia. Sensores são conversores que medem quantidades físicas e as convertem em sinais que podem ser lidos por um observador ou por um instrumento eletrônico. Todos os equipamentos automatizados trabalham com sensores. Tecidos inteligentes empregam sensores que disponibilizam informações para os atuadores. A mobilidade dos tecidos nos projetos de produção automatizada é obtida por meio de sensores de visão que contam os fios nos tecidos, permitindo o posicionamento exato da agulha de costura. O projeto de simuladores de propriedades organolépticas, do laboratório suíço Miralab, da Universidade de Genebra, é um exemplo de uso intensivo de sensores e atuadores na virtualização da indústria têxtil e de confecção.

4.4. Modelagem & simulação

Elaborado a partir de Dickens et alii, 2013; Foresight, 2013; Deutsch, 2014; ViMA, 2015; Volino et alii, 2007; Bergamasco et alii, 2007; Istook et alii, 2011; D,Apuzzo, 2007; Fontanaa et alii, 2005; Hill, 2014.

A alta fidelidade dos modelos de simulação é um passo à frente na possibilidade de compras pela Internet. É um aspecto relevante porque os investimentos são altos e a tolerância com os erros é baixa. Conceitos de máquinas, roupas e fábricas virtuais estão surgindo em projetos como o das minifábricas. A simulação de tecidos tem sido acompanhada da necessida-

de de simuladores táteis das sensações que provocarão quando materializados, ponto de inflexão para a completa integração entre o consumidor e o sistema de produção. Na confecção, sistemas CAD-3D, como os produzidos pela brasileira Audaces, são produtos maduros que abrem caminho para o aprendizado empresarial com a manipulação digital do processo produtivo. Diferentes métodos têm sido usados para medidas tridimensionais do corpo humano, denominados de 3D *Body Scanning*, tais como *laser scanning*, projeção de padrões de luz branca, e processamento de imagem e modelagem, cada um deles com vantagens e inconvenientes. O desenvolvimento de sistemas CAD-3D continua em busca de modelos mais realistas e mecanicamente mais precisos. Modelos podem ser integrados com o design de roupas e modelagem de tecidos para criar um produto 3D completamente interativo necessário para a total virtualização do desenvolvimento de produtos e do marketing. A integração de modelos físicos com sistemas CAD para o design de roupas leva a resultados de alta precisão na prototipagem virtual. Duas grandes correntes de desenvolvimento reforçam duas principais tendências: as iniciativas de customização de massa e as de criação colaborativa para a produção individualizada. Tecnologias de *Body Scanning* 3D pretendem criar avatares individuais que sejam incorporados à identificação pessoal. Outra tecnologia que tem tido o desenvolvimento de aplicações acelerado é a Realidade Aumentada (RA). Seu emprego embrionário no varejo e no design de moda tem explorado novos caminhos de comunicação com consumidores e suas redes sociais.

4.5. Computação em nuvem

Elaborado a partir de Dickens et alii, 2013; Foresight, 2013; Shang et alii, 2013.

A computação em nuvem permite que pequenas e médias empresas possam fazer uso de TICs sem precisar ter em sua equipe profissionais especializados. A nuvem consiste em máquinas virtuais *on-demand* acopladas a serviços de *software* capazes de entregar ampla gama de serviços de maneira confiável e segura para múltiplos dispositivos, garantindo a computação móvel. Os principais serviços em nuvem são: *Big-data*, CRM, *e-commerce*, computação social e móvel, inteligência de negócios, logística e ERP. No setor de moda e confecção, o conceito de Plataforma em Nuvem para a Manufatura Social envolve cada parte da indústria de confecção,

incluindo consumidores, fabricantes, fornecedores, designers, varejistas. A Manufatura Social consiste no envolvimento pleno do consumidor no processo produtivo pela Internet. Com o apoio de tecnologias 3D *Mirror*, em curto prazo, e impressão 3D, em um prazo mais longo, a Plataforma de Serviços em Nuvem poderá realizar todas as atividades *online*, incluindo a manufatura.

4.6. Internet móvel

Elaborado a partir de Dickens et alii, 2013; Foresight, 2013; Shang et alii, 2013.

Smartphones e dispositivos semelhantes, assim como as famílias de produtos que resultarem de sua evolução, se tornarão ubíquos, ou seja, estarão presentes e conectados em rede em todos os lugares. Além disso, atuarão como ferramentas de uso geral para gerenciar cadeias de suprimento, ativos diversos e cuidar da manutenção e da produção de bens e serviços. Esses dispositivos em breve desenvolverão funções de propaganda direta, controle de parâmetros de saúde e personalização de produtos. No segmento de moda, os celulares serão cada vez mais empregados, estabelecendo a conexão entre marcas e consumidores pelas redes sociais, tanto por meio do compartilhamento de imagens quanto para a crítica a produtos e desvios de conduta empresarial. Os dispositivos móveis, atuando em nuvem, facilitarão ainda mais a cocriação e a difusão de ideias em redes. Como já mencionado, as experiências de designers e grandes varejistas com aplicativos de Realidade Aumentada (RA) começam a explorar as novas formas de consumo em redes sociais pela Internet com o uso intensivo de *smartphones*.

4.7. Tecnologias sustentáveis

Elaborado a partir de Dickens et alii, 2013; Foresight, 2013; Bruno; Valle, 2014; Payne, 2015.

Redução do consumo de água e de energia, minimização de rejeitos, de desperdícios e do emprego de substâncias perigosas, produção de tecnologias com energias limpas e de produtos de alto desempenho ambiental são as principais orientações de desenvolvimento das tecnologias sustentáveis. A maioria dos produtos têxteis pode ser reciclada, permitindo recupera-

ção de parte da energia e do material empregado. Este processo de recuperação pode ocorrer em *closed-loop* ou *open-loop*. As barreiras para uma reciclagem mais eficiente incluem a busca por maior facilidade de integração entre os métodos existentes de projeto de têxteis e de confeccionados, tanto quanto de melhor coordenação da coleta do lixo pós-consumo. O emprego de sistemas quantitativos de mensuração de impactos ambientais será essencial para a governança da cadeia de valor sustentável. Sistemas de modelagem virtual e tingimentos físicos, como *Active Tunnel Infusion*, reduzem drasticamente o consumo e os desperdícios de matéria-prima, água e energia, assim como diminuem a poluição do ar e das águas.

4.8. Biotecnologia

Elaborado a partir de Dickens et alii, 2013; Foresight, 2013; NSF, 2015E; Nichifor et alii, 2009; Aytemiz; Asakura, 2013; Francesko et alii, 2010; Rossbach et alii, 2003; Chen et alii, 2015; Wysokowski et alii, 2015; Eadie e Ghosh, 2011.

A gama de produtos biotecnológicos aumentará progressivamente nos próximos anos, explorando os diversos campos da tecnologia. No setor têxtil e de confecção, biotecidos, biofibras e biorroupas são áreas de intensa experimentação, tanto artesanal quanto científica. De acordo com a National Science Foundation, a biotecnologia congrega: (1) biomateriais, (2) biomimética, bioinspiração e bioativação, (3) materiais sintéticos para aplicação em contato com sistemas biológicos e (4) processos pelos quais a natureza produz materiais biológicos. É um ramo multidisciplinar e engloba desde a escala nanométrica até corpos mais massivos. O tratamento e a prevenção de doenças por meio de medicamentos com nanopartículas liberadas pelas fibras e fios, ou por meio da repelência a vetores portadores de microrganismos, ou pelo combate a bactérias, todos nocivos ao homem, vêm sendo estudados intensamente no setor têxtil e de confecção, e espera-se sua ubiquidade no futuro, já que se trata de um tipo de funcionalização de caráter geral. A pesquisa e desenvolvimento voltados para o monitoramento, controle e ação para a proteção da saúde integra-se com outras tecnologias, principalmente com sensores, computação em nuvem e Internet móvel para oferecer serviços de alto valor social e econômico. O emprego de bactérias vem sendo testado na produção de novos materiais, tecidos e roupas e em sua incorporação para desenvolver novas capacidades de

adaptação dos produtos têxteis ao ambiente. A partir do desenvolvimento de ferramentas analíticas para o estudo de sistemas biológicos combinados com o de Ciência dos Materiais e tecnologia genética, o potencial para a cópia e manipulação da natureza para inovações de produtos têxteis será imensa. O transporte de água por estruturas têxteis biomimetizadas, por exemplo, foi investigado, revelando que tais estruturas de algodão ou poliéster apresentaram maior rapidez de absorção, transporte de água, melhor manipulação e maior facilidade de uso e de lavagem do que uma estrutura de malha tradicional. A introdução de moléculas com propriedades biológicas é essencial para um grande número de aplicações biotecnológicas. O potencial biomimético extremo de materiais de nova geração foi demonstrado pelo uso de biocompósitos nanoestruturados de quitina, revelando propriedades físicas como fotoluminescência. Malhas de poliamida foram impregnadas com troxerrutina, um fármaco utilizado como flebotônico e vasoprotetor, mostrando que os novos materiais agem como têxteis multifuncionais bioativos que podem produzir, ao mesmo tempo, compressão, devido à estrutura do tecido, e propriedades hemostáticas. Outro exemplo é a pesquisa feita com fibroína da seda, há muito tempo usada na área médica como material de sutura, que revelou seus benefícios como biomaterial em enxertos vasculares de pequeno diâmetro. Polímeros naturais, como quitina e quitosana, foram usados com sucesso em aplicações têxteis antimicrobianas para proteção de feridas. Através dos tempos, a natureza desenvolveu métodos altamente sofisticados para sobrevivência de seus organismos, oferecendo inúmeros exemplos de superfícies funcionais, estruturas fibrosas, cores estruturais, autoaquecimento e isolação térmica que se apresentam como modelos a serem seguidos pelos produtos têxteis.

4.9. Materiais

Elaborado a partir de Dickens et alii, 2013; Foresight, 2013; Mccann; Bryson, 2009; Zeng et alii, 2014; Berglin, 2013.

O desenvolvimento de novos materiais está alterando radicalmente as limitações dos processos produtivos. A divisão técnica do trabalho e da produção resulta, em grande parte, das limitações impostas pela matéria -prima. Novos materiais podem permitir a unificação de etapas produtivas, reduzindo tempos e produzindo economias de toda sorte. Nanopartículas, compósitos leves, nanotubos de carbono, biomateriais e materiais autorre-

paradores e inteligentes, que forneçam informações sobre seu estado, são exemplos do que vem sendo usado em fibras e tecidos e que revolucionarão os processos fabris. Propriedades óticas, eletrônicas, magnéticas, térmicas, elásticas, e outras ainda, serão comutáveis e ajustáveis. A miniaturização controlada ao nível atômico impulsionará a produção nas impressoras 3D. No setor têxtil, novos materiais têm sido testados na fabricação de fibras, principalmente aqueles que funcionam como sensores, atuadores e condutores, essenciais para a linha de desenvolvimento de *Smart Textiles*, ou seja, têxteis inteligentes. Os sensores transformam um tipo de sinal em outro, havendo diferentes materiais e estruturas com esta capacidade. Produtos têxteis que atuem como sensores térmicos, de tensão, de pressão, químicos e biológicos permitem que diversos tipos de informação provenientes da interação do fio, do tecido ou da roupa com o corpo e com o ambiente sejam convertidas, por exemplo, em sinais elétricos para que atuadores possam alterar a cor, liberar substâncias ou mudar a forma. *Smart Clothes*, as roupas inteligentes, e *Wearable Technologies*, as tecnologias vestíveis, requerem processos físicos e químicos e design especiais, além de identificação, seleção e desenvolvimento de novos materiais para enfatizar as características inteligentes associadas à capacidade de reação prevista do produto aos estímulos projetados. A aplicação de tecnologias de comunicação necessita, por sua vez, de soluções para a integração de fontes de energia. O desempenho de eletrônicos vestíveis produzidos com estruturas fibrosas resulta da correlação entre os materiais utilizados, as estruturas têxteis, as propriedades eletrônicas e com as funcionalidades mecânicas dos dispositivos eletrônicos feitos de fibras.

4.10. Big Data, IdC, IdS, 3DP e outras tecnologias

Elaborado a partir de NSF, 2015b; Kagermann et alii, 2013; Deutsch Bank, 2014; Manyika et alii, 2012; FORESIGHT, 2014; Hermann et alii, 2015.

Outras ênfases e outros campos de desenvolvimento tecnológico também devem ser acompanhados, como Big Data, Internet das Coisas e dos Serviços, Interfaces Homem-Máquina, Inteligência Artificial e Manufatura Aditiva ou Impressão 3D, todos amplamente explorados em trabalhos de futuro da manufatura.

Na manufatura, o *Big Data*, ou seja, a capacidade de armazenamento e tratamento de um volume muito grande de informações, deverá otimizar

o design, a produção e os ciclos de produtos, ao mesmo tempo que minimiza o uso de recursos. Vibrações de motores, joules consumidos, cliques dados por um usuário de CAD, todos os dados identificados e mensuráveis e imagináveis poderão ser traduzidos e transformados em informações úteis e inteligentes. O *Big Data* produzirá sensível mudança na forma como a manufatura lida com o consumidor. A enorme base de dados capaz de incluir desde conversas *online* sobre uma marca ou produto até dados em tempo real coletados de máquinas-ferramentas e robôs deverá se tornar essencial para a manufatura, à medida que o tratamento analítico de seus dados crie *insights* e promova melhorias de desempenho operacional.

Novos produtos terão sensores integrados e se tornarão autônomos, permitindo a criação da Internet das Coisas, ou IdC. A IdC é um ecossistema com bilhões de dispositivos no qual sensores de radiofrequência, atuadores e celulares interagem entre si e cooperam com componentes e dispositivos vizinhos para atingirem objetivos comuns. Trata-se de uma rede de coisas e de objetos.

Por sua vez a Internet dos Serviços, IdS, permite que comercializadores de serviços atendam seus clientes pela Internet. Os serviços são oferecidos e combinados por meio de múltiplos canais. A ideia de IdS foi desenvolvida no projeto *Smart Face* do programa *Autonomics for Industrie 4.0* iniciado pelo Ministério Federal da Economia e da Energia, da Alemanha. O projeto se baseia em uma arquitetura orientada por serviços, favorecendo o estabelecimento de estações de montagem modulares, facilmente montadas ou modificadas.

O desenvolvimento da IdC e da IdS cria redes de recursos, informação, pessoas e objetos. Na dimensão industrial, esta evolução tecnológica é conhecida como o quarto estágio da industrialização, ou Indústria 4.0.

As interfaces homem-máquina facilitarão a comunicação entre os seres humanos e as máquinas. Atualmente as entradas de dados são feitas por humanos e mediadas por um *software* em um computador. No futuro, as máquinas poderão ser controladas diretamente pelo pensamento humano, por meio de ondas cerebrais, com o apoio de telas 3D com imagens 3D, do *Big Data* e dos sistemas de sensoriamento e de simulação.

A evolução da Inteligência Artificial é um aspecto essencial para o desenvolvimento da autonomia das máquinas. O entendimento das linguagens e vozes humanas permite que as máquinas de hoje executem coman-

dos com mais facilidade. O aprendizado das máquinas tem se mostrado muito rápido e eficiente na área médica para diagnósticos. Nos serviços, o Siri da Apple, bem como o Google Now, têm atuado como secretários inteligentes para realizar reservas de voo e de restaurantes, por exemplo. As áreas de desenvolvimento principais incluem: (a) mimetização de sistemas biológicos para adaptação autônoma ao ambiente; (b) computação robusta para eliminação de falhas; (c) capacidade de aprendizagem biológica; (d) capacidade de atuação em jogos complexos; (d) processamento natural de linguagem; (e) computação evolucionária capaz de superar os sistemas projetados pelo homem.

A Manufatura Aditiva é um tipo de impressão em três dimensões que confecciona um produto por meio da deposição de camadas de materiais, aumentando significativamente a possibilidade de fabricação de produtos complexos. Este processo ainda não apresentou soluções que se adéquem ao conceito de produtos têxteis e de confecção, mas, por ser uma etapa decisiva para a produção domiciliar, todas as experiências com produtos do setor devem ser cuidadosamente monitoradas. ✪

CAPÍTULO 5
NOVAS TECNOLOGIAS PARA A CONFECÇÃO 4.0 BRASILEIRA

Neste capítulo, são apresentadas algumas das principais tecnologias e estratégias de produção que deverão orientar a transformação do setor por meio da adoção dos princípios de manufatura avançada.

Definidos os quatro elos estratégicos que mobilizarão o desenvolvimento do setor até 2030 pelos membros do CSITCB, no capítulo um, para que Confecção, Design, Novas Fibras e Novos Canais sejam promotores do desenvolvimento integrado do setor como uma cadeia de valor acoplada à cadeia global, tecnologias e sistemas ubíquos foram identificados e estudados no Capítulo 4, revelando conceitos e princípios e linhas para a pesquisa específica de tecnologias no setor.

A pesquisa específica sobre tecnologias e sistemas revelou aplicações e desenvolvimentos tecnológicos nas quatro ênfases estratégicas do setor capazes de promover efeitos a jusante e a montante da cadeia e com potencial de implantação nos próximos anos pelas empresas brasileiras.

Essas aplicações e desenvolvimentos, mencionadas ao longo de todo o trabalho para ilustrar o potencial de transformação que se armazena no setor, são descritas e analisadas a seguir.

5.1. Minifábricas

O protótipo de uma minifábrica é uma unidade de instalação fabril verticalizada, modular, flexível e de pequenas dimensões.

O piloto de minifábrica foi desenvolvido pela iniciativa Virtual Inventory Manufacturing Alliance, cola-

boração entre várias empresas: Gerber Technology, Eton Systems, fabricante de tecnologia robótica, do fabricante de máquinas de tingimento e impressão, Monti Antonio, da produtora de *software* Optitex, da Vanguard Pailung, fabricante de sistemas de produção de malharia, da empresa de *software* ErgoSoft e do desenvolvedor de sistemas modulares Allied Modular, tendo ainda a parceria com o departamento de merchandising e gestão da California Poly-Technics State University para a realização de pesquisa e educação em *marketing* (VIMA, 2015; MCCURRY, 2014).

Uma única minifábrica automatizada e integrada engloba o processamento de ordens, design, modelagem, tingimento dupla face, etiquetagem, corte ótico, manipulação robótica, costura, acabamento e expedição, permitindo produção personalizada com lucratividade duas a três vezes maior do que a da produção de massa na abordagem das cadeias de suprimento globais.

O consumidor usa um avatar para criar seu modelo personalizado de roupa e, tão logo a ordem seja expedida e paga, um modelo digital é enviado à fábrica, digitalizado, desmembrado e cortado em uma máquina de corte ótico. Os tecidos brancos – estoque de baixo valor agregado – são então tingidos e estampados com um processo denominado *Active Tunnel Infusion*, que será explicado mais adiante. As peças são em seguida enviadas por robôs com o emprego de RFIDS[11] para as estações automatizadas de costura.

Benefícios ambientais e de economias são obtidos. A participação ativa do consumidor no processo encontra uma barreira no design, mas a multiplicação de iniciativas de *open-sourcing* que enfatizam a colaboração entre profissionais independentes em plataformas abertas oferecem soluções acessíveis e, ao mesmo tempo, estimulam o aprendizado dos consumidores.

O conceito de minifábricas se acopla à iniciativa AM4U – Apparel Made For You – que desenvolveu o método *Purchase Activated Manufacturing* (PAM). Este método de produção personalizada iniciada diretamente pela compra elimina dramaticamente os estoques de produtos acabados. Automação, dimensões reduzidas e baixo impacto ambiental permitem que unidades fabris se localizem em países com maior remuneração pelo trabalho, em terrenos valorizados e urbanos. As minifábricas com sistemas PAM trazem a manufatura para a era da Internet.

Devido às suas pequenas dimensões e ao baixo impacto ambiental

11 Sistemas RFID, em inglês *Radio Frequence Identification*, estão entre as tecnologias de sensoriamento de mais rápida difusão. Combinam sensores eletromagnéticos com comunicação

de sua produção sem efluentes de tingimento, as minifábricas podem ser instaladas em qualquer ambiente urbano, em um shopping, por exemplo, e transportadas por caminhões para centros de distribuição.

As minifábricas são peças-chave para as estratégias multicanais de comercialização. Seus desenvolvedores identificam três principais estratégias empresariais de marketing e de manufatura (POLVINEN, 2012b):

- *Desenvolvimento de produto e testes*: a grande flexibilidade de sua produção permite que empresas testem ideias de produtos sem os custos de produção mínima. Podem ser lançadas múltiplas versões do mesmo estilo para produzir em massa apenas aqueles bem-sucedidos. Consumidores também podem selecionar cores e estampas de uma palheta para reforçar as decisões e escolhas.
- *Produções de alto valor e pequeno volume*: empresas que trabalham com nichos de produtos de alta lucratividade com sistemas de manufatura tradicionais enfrentam dificuldades de produção e estoque de insumos e produtos acabados para a produção de lotes mínimos muito reduzidos. As principais características da minifábrica, como ausência de mínimo de produção e cores alteradas em curso de processo, permitem que o volume produzido e as vendas sejam exatamente iguais, eliminando a erosão dos lucros em mercados de nichos de alto valor.
- *Varejo multicanal*: o modelo de minifábrica pode fazer uso de um quiosque de *body scanning*. Os quiosques podem acessar vastos catálogos de roupas e acessórios customizados que podem ser adquiridos nas lojas ou entregues em casa. Uma vez que o corpo do consumidor é digitalizado, a tecnologia PAM pode estender a compra para o lar para que sejam feitos ajustes e personalizações. A tecnologia também permite que o varejo solicite produtos localizados em pequenas quantidades ou destinados a ofertas *online* disponíveis apenas naquela localidade.

5.2. Purchase Activated Manufacturing

A estratégia *Purchase Activated Manufacturing*, PAM, é uma ruptura tecnológica na era da Internet. A partir de um estoque físico de tecidos brancos, não há mais estoques de produtos acabados. Nada é produzido material-

mente antes que a ordem de compra seja finalizada e paga pelo consumidor. O prazo de entrega é instantaneamente reduzido para alguns dias em vez de meses e, eventualmente, poderá cair a frações da hora.

Uma minifábrica baseada na estratégia PAM incorpora a manufatura de confecção desde o design até a roupa pronta sob o mesmo teto. Baseia-se, portanto, em tecnologias que permitem a automação e a integração de todas as atividades e processos produtivos. Com a manufatura sob demanda, os estoques podem ser quase todos virtuais, reduzindo-se, materialmente, a um rolo de tecido branco e à reposição de corantes e de materiais auxiliares.

No que se refere à personalização da modelagem nesta estratégia produtiva, duas grandes correntes de desenvolvimento de sistemas CAD-3D reforçam, por um lado, estratégias de customização de massa, com padrões de modelagem, e, por outro, a disponibilização de ferramentas artesanais em plataformas colaborativas de design para a criação individualizada.

5.3. Active Tunnel Infusion

A tecnologia *Active Tunnel Infusion* (ATI) permite trocar de cor – qualquer cor e diversas cores – em cada peça de roupa, em tingimentos, desenhos e estampas, eliminando os estoques de produtos acabados. O princípio da ATI é que cada fibra possua energia armazenada em sua formação suficiente para que sejam criados canais por onde o corante caminhe e penetre em seu interior. Os canais abertos nas estruturas amorfas, estimulados por fótons e calor, fecham-se ao final do processo, retendo fisicamente o corante. O produto final é resistente ao desbotamento com NaClO e não sofre os efeitos de esmaecimento da cor por estiramento do tecido, como ocorre nos processos de tingimento por sublimação. Muitos processos de tingimento requerem a produção em massa por meio de múltiplos processos físico-químicos, o que geralmente resulta em tecidos fabricados em excesso pela produção superestimada. No processo de coloração física, apenas as partes projetadas para receber tingimento, estamparia e etiquetagem são atingidas, tudo em uma única máquina, em um único passo, em uma programação muito mais rápida, evitando ordens enviadas para que diversos beneficiadores, estamparias e tinturarias reservem espaços em suas produções mundo afora (POLVINEN, 2012a).

5.4. Sistemas Automatizados de Confecção

O reconhecimento da necessidade de automação na indústria de confecção data de 1980, quando milhões de dólares foram gastos em pesquisa nos EUA, Japão e países de elevada complexidade industrial da Europa (BOOK et alii, 2010). Nenhum dos projetos, entretanto, obteve sucesso na automação completa do processo. Atualmente, a costura industrial é em grande parte realizada com o apoio manual de operadoras, com apenas alguns processos semiautomatizados.

O corte de tecidos pode ser feito por máquinas de controle numérico e bolsos já são costurados sem a intervenção humana, mas uma roupa é tipicamente formada por diversas partes, como uma calça jeans, por exemplo, que tem em geral 11 componentes. Devido à grande variedade de partes e de processos envolvidos na montagem, é necessário um procedimento flexível que mimetize as capacidades de uma máquina de costura padrão, porém automatizada. Outros complicadores são introduzidos pela moda, pelas preferências pessoais e tipos de corpos, que inserem um número enorme de variações. As primeiras iniciativas procuraram automatizar o processo de costura partindo da máquina tradicional, estendendo a funcionalização de seus dispositivos de maneira a substituir o operador. As pesquisas mais recentes, entretanto, segundo Book et alii (2010) voltaram-se para o controle do tecido.

Em uma máquina automatizada, as duas partes de tecido devem ser transportadas para a mesa de costura e posicionadas adequadamente. Em seguida, essas duas partes devem ser alinhadas e movidas para a cabeça de costura, onde devem ser costuradas. Deve-se ainda manter seu alinhamento em relação à agulha, observando-se a tensão adequada em cada uma das partes costuradas.

O projeto da SoftWear Automation (GEORGIA TECH, 2014) parece ter resolvido todas as dificuldades precedentes, desmembrando o processo de costura de duas peças de um tecido em um conjunto de etapas de controle, baseado no desenvolvimento de quatro tecnologias proprietárias: carregador (***budger***), visão de máquina de controle do carregador, sistema de visão de contagem de fios e servo transportador.

Nos carregadores, motores elétricos giram uma esfera perfurada e controlam o ângulo de rotação enquanto uma leve sucção a vácuo produz

a passagem do ar através do tecido por meio de pequenos furos na esfera, mantendo, assim, a força normal suficiente para mover o tecido.

Na cabeça de costura, o método de atuação é uma adaptação do sistema tradicional de alimentação atualmente em funcionamento nas máquinas de costura. Em lugar do operador, que mantém a orientação do tecido e controla a alimentação, e do transportador, o projeto os substitui por servomecanismos transportadores do tecido na cabeça de costura. Para garantir a precisão da costura, optou-se pelo controle da posição do ponto e de seu comprimento. Para resolver os problemas das experiências de controle anteriores, uma nova técnica foi desenvolvida, na qual um sistema de visão monitora fios individualmente no tecido em vez de distâncias percorridas. Nos princípios anteriores a posição do tecido era relativa, determinada por um sistema de coordenadas globais. Como consequência, as deformações do tecido produziam erros de avaliação da posição.

Sistemas automatizados de confecção com estes princípios são capazes de produzir desde camisas até calças ***jeans***, segundo seus desenvolvedores.

5.5. Social Manufacturing

A personalização da demanda mobiliza profundas alterações no relacionamento entre as duas pontas da cadeia de valor que cria produtos para o consumidor final. *Social Manufacturing* é um princípio de produção que reúne o consumidor e o sistema produtivo por meio da integração de tecnologias de projeto e produção, de comércio, serviços, de comunicação, informação e computação. Sua principal característica é a ênfase em tornar viável a produção individual em lugar da produção de massa (SHANG et alii, 2013).

As tecnologias-chave para sua implementação são descritas a seguir.

Plataforma de serviços em nuvem: *envolve cada ator da indústria de confecção incluindo consumidores, produtores, designers, varejistas e novos atores. Com o apoio de terminais 3D interativos e inteligentes e de um serviço em nuvem, a plataforma melhorará a eficiência de toda a cadeia de valor, realizando a utilização racional e efetiva dos recursos sociais (SHANG et alii, 2013).*

3D Mirror: *com o apoio de um sensor de movimento, como o Kinect, por exemplo, uma imagem de um item de vestuário em 3D é projetada sobre a imagem de uma pessoa que se vê em uma tela que simula um espelho. Seus movimentos são captados e a imagem da roupa reproduz movimentos compatíveis em tempo real na peça vestida. O desenvolvimento de suas capacidades poderá facilitar a experimentação de roupas quanto a cores, modelagens e tamanhos, assim como a intervenção de especialistas de moda para o suporte de compras.*

Interfaces Haptic: s*ão interfaces que simulam sensações táteis. Sistemas como o Haptex facilitam a experimentação de roupas virtuais. A interação entre as características e propriedades de cores e movimentos dos tecidos e roupas virtuais com as sensações organolépticas do usuário tornam mais segura a compra à distância, a partir de um computador, assim como estimulam a cooperação no projeto de novas estruturas e emprego de novos materiais.*

CAD-3D: *combinado com as tecnologias 3D Mirror, a customização 3D pode ser realizada mais facilmente, simplificando o processo de produção e tornando a fabricação de roupas mais eficiente, reduzindo custos para pequenas produções. O sistema decompõe uma roupa em peças bidimensionais a partir do desenho de projeto, criando padrões de modelagem do corpo, colarinho, mangas etc. Graças à tecnologia 3D, a montagem das peças costuradas pode ser virtualmente representada.*

Auto Body Scanning: *o desenvolvimento de sistemas e de plataformas de digitalização do próprio corpo feita pelo consumidor aumenta substancialmente a possibilidade de intervenção de designers autônomos para suporte na criação de modelos absolutamente únicos. Com a introdução de sistemas de visão, o processo altera princípios de modelagem tradicionais, introduzindo movimentos para considerar o comportamento dinâmico das roupas (*HILL*, 2014).*

Deve-se, ainda, ressaltar a coordenação da gestão, aspecto fundamental da *Social Manufacturing*. Visto de maneira ampla, o sistema tem efeito na dinâmica da gestão cibernética do cidadão, na gestão e controle da manufatura social e na gestão da logística. Um sistema de informação orientado para serviços em um ambiente de negócio de *crowdsourcing* deve ser capaz de suprir as necessidades de suporte colaborativo, de interação entre a população da Internet e os computadores, e de solicitação e combinação de serviços.

5.6. Smart Textiles e Wearable Technology

As tecnologias que alterarão profundamente o conceito de produtos têxteis e de vestuário carecem de um tratamento extenso e cuidadoso. *Smart Textiles* baseiam-se no entrelaçamento de diversas disciplinas, como Design e Tecnologia Têxtil, Química, Física, Ciência dos Materiais e Ciência e Tecnologia da Computação. Novos tipos de fibras e estruturas, a miniaturização da Eletrônica e as tecnologias sem fio estão permitindo o desenvolvimento de produtos têxteis e de confecção que integram essas tecnologias e implementam suas capacidades de comunicação (BERGLIN, 2013).

O conceito básico de um *Smart Textile* é sua capacidade de perceber e de reagir a diferentes estímulos provenientes de seu ambiente. Em suas formas mais simples, o produto apenas percebe e reage automaticamente sem que haja uma unidade de controle ou um atuador para isso. Em sua forma mais complexa, um *Smart Textile* percebe, reage e aciona uma função específica por meio de uma unidade de processamento (BERGLIN, 2013; STOPPA; CHIOLERIO, 2014). Suas partes principais são, assim, o sensor, o atuador e a unidade de controle.

Os materiais têxteis que atuam como sensores respondem com mudança de propriedade a um *input*, transformando esta entrada em uma informação – como um impulso elétrico –, que será conduzido por materiais condutores.

Como ilustrado no estudo de Berglin (2013), o Cromo nos materiais têxteis permite mudanças de cor porque suas propriedades óticas sofrem alterações com mudanças de temperatura, luminosidade, tensão e produtos químicos. Hidrogéis com função estímulo-resposta são redes de polímeros tridimensionais que respondem a estímulos como pH, campo elétrico

e mudanças de temperatura, podendo liberar produtos químicos quando solicitados. Materiais com memória da forma transformam energia, na maioria das vezes térmica, em movimento. Materiais eletroluminescentes emitem luz quando excitados por uma tensão elétrica. LEDs (*Light Emiting Diodes*) convertem potencial elétrico em luz e são muitas vezes utilizados como atuadores em aplicações têxteis.

No que se refere aos produtos da categoria *Wearable Technology*, muitas vezes traduzidos como tecnologias vestíveis, a integração da Eletrônica com as roupas é o conceito principal que abre ampla gama de têxteis multifuncionais e vestíveis capazes de detectar e monitorar funções corporais e produzir comunicação, transferir dados, controlar ambientes individuais, dentre outras possibilidades inexploradas pela indústria do vestuário (TAO, 2005).

Zeng et alii (2014) e Stoppa e Chiolerio (2014) produziram revisões estruturadas a respeito de materiais, processos de fabricação, dispositivos e aplicações de fibras em *wearable electronics*, categoria de produtos de vestuário que, juntamente com os *smart textiles* permitirá a integração informacional dos produtos têxteis e de vestuário com o mundo da produção avançada. De acordo com os autores, têxteis eletrônicos reúnem dispositivos com interconexões tecidas entre eles, apresentando flexibilidade física e dimensões típicas que não podem ser conseguidos com outras técnicas de manufatura. Tanto os componentes quanto suas interconexões são intrínsecas ao tecido sendo menos visíveis e menos suscetíveis de embaraçarem-se em objetos de seu entorno. Os desenvolvimentos da nanociência e da nanotecnologia (e.g. HAN et alii, 2015) aceleram a miniaturização desses dispositivos tornando possível criar funções eletrônicas na superfície ou mesmo no interior das fibras, preservando os princípios de fabricação têxteis tradicionais. Dessa forma, as fibras têm incorporado funcionalidades eletrônicas e fotônicas que abriram possibilidades para a criação de circuitos flexíveis para atuar na interface entre computadores e processadores, sensores de pressão, atuadores e *tags* de identificação por radiofrequência.

Fibras de kevlar banhadas com níquel e ouro, fibras de silício repletas de flocos de prata e fibras de poliamida com prata são soluções encontradas com significativas diferenças de condutividade elétrica. Esses materiais, entretanto, são ásperos e instáveis. Eletrodos de base fibrosa para antenas, células fotovoltaicas, nanogeradores de eletricidade, baterias e capacitores

são leves, duráveis, flexíveis, dobráveis e confortáveis para a construção de eletrônicos vestíveis. Justamente por esses motivos, Zeng et alii (2014) julgam que estruturas baseadas em fibras são altamente desejáveis para os produtos "vestíveis". Avanços da Nanotecnologia têm permitido construir dispositivos eletrônicos diretamente na superfície ou no interior de fibras, independentemente de suas dimensões transversais. No entanto, impor funções eletrônicas a estruturas fibrosas tridimensionais, porosas e altamente deformáveis, e ao mesmo tempo preservar essas funções durante o uso têm sido grandes desafios. O artigo de Zeng et alii (2014) produz uma síntese bem elaborada do estado da arte de materiais, técnicas de fabricação, design estrutural de dispositivos assim como das aplicações recentes de roupas com eletrônica incorporada baseada em fibras vestíveis, além de analisar desempenhos e limites de desenvolvimento.

Em termos de sua inteligência, todos os ***Smart Textiles*** requerem uma unidade central de processamento para levar dados dos diferentes sensores e para decidir que ação tomar, com base em instruções programadas armazenadas. Muitos circuitos integrados são de silício por causa das propriedades semicondutoras desse material, mas há os materiais orgânicos, mais flexíveis, leves, resistentes e de baixo custo de produção, mais adequados para serem integrados ao vestuário. No entanto, os polímeros condutivos, em geral, não possuem propriedades eletrônicas compatíveis com as do silício.

O desenvolvimento de biofibras é outro ramo de interesse, sobretudo pela busca de soluções de natureza biodegradável dos materiais e produtos. Outra característica enfatizada em trabalhos que revisam os mais recentes desenvolvimentos em biotecnologia de materiais têxteis é o biomimetismo, capacidade de reproduzir ou imitar fenômenos naturais ou a eficiência de seus mecanismos de sobrevivência em processos de manufatura.

A natureza é pródiga em exemplos de construções que utilizam fibras, como as teias de aranha e as estruturas fibrosas criadas pelos vegetais. Superfícies funcionais oferecem adesão seca, como as patas da lagartixa, ou a quase absoluta falta de atrito e o efeito lótus da superfície de algumas plantas, e a super-repelência à água das penas de pato. Outras propriedades naturais de interesse das superfícies têxteis são o isolamento térmico e os efeitos óticos que permitem alterar ou emitir cores sem o uso de corantes (EADIE; GHOSH, 2011; TEODORESCU, 2014; DAS et al, 2015).

Na área têxtil, diversos projetos e experiências de instituições governamentais, empresas privadas e instituições acadêmicas têm sido desenvolvidos nos últimos anos e podem ser revistos nos estudos de Berglin (2013), Zeng et al (2014), Stoppa e Chiolerio (2014) e de McCann e Bryson (2009). Tais projetos concentram-se na área de saúde, no desenvolvimento de tecnologias que promovam a convergência entre têxteis e eletrônicos, em aplicações comerciais inovadoras em roupas esportivas e áreas ainda não exploradas pela estética, como a eletroluminescência, e pela funcionalização, como a comunicação e a integração com outros dispositivos.

5.7. Impressão 3D

No setor têxtil e de confecção, algumas iniciativas inspiradas na impressão 3D estão dando seus primeiros passos:

- A Eletroloom fabrica roupas sem costura e prontas para uso com geometrias customizadas a partir do desenho de um modelo em desktop (ELETROLOOM, 2015). Baseado no processo de eletrofiação, a produção ocorre por deposição de fibras sobre um molde. Micro e nanofibras de poliéster mescladas com algodão são guiadas em um campo elétrico e sofrem deposição eletrostática no molde personalizado recortado em diferentes tipos de material rígido. Trata-se de um processo inspirado na Manufatura Aditiva e não de impressão 3D propriamente dita.
- O designer Gerard Rubio está desenvolvendo o projeto de colaboração aberta chamado OpenKnit, no qual uma máquina retilínea eletrônica é adaptada com sensores que contam as agulhas permitindo o posicionamento preciso do carro para a produção de roupas de malha prontas para o uso (TURK, 2014). O processo – controlado a partir de um painel Arduino-Leonardo – possui similaridades com o de uma impressora 3D, pois carrega-se o material – fios coloridos –, insere-se o design no desktop e a produção se faz autonomamente, mas não adota os princípios característicos dessa manufatura.
- A Continuum produziu o biquíni N12, em Náilon 12, pronto para uso, alterando profundamente o conceito de tecido. Pequenas peças circulares de náilon são reunidas por meio de finas cordas

sem costura, produzidos em uma impressora 3D (CONTINUUM, 2015a).

- Outra ***start-up***, a Materialise, produz experiências similares às do biquíni da Continuum a partir do projeto de estruturas maleáveis que não seguem as estruturas têxteis tradicionais (MATERIALISE, 2015). São roupas de passarela que têm o objetivo explícito de integrar a nova tecnologia aos produtos clássicos do vestuário.

Projetos para a disseminação do design em plataformas colaborativas têm sido objeto de iniciativas de designers. A CONSTRVCT (CONTINUUM, 2015b) é uma plataforma *online* para criação, compartilhamento e realização de design de moda. Seu objetivo é o de criar designs digitais em 3D que possam ser exportados para arquivos-padrão para a fabricação de roupas físicas. Inicialmente, o projeto surgiu com o conceito de *crowdsourcing* e de serviços sob demanda, tendo evoluído para uma plataforma de design digital de moda. Desenvolvido a partir de CADs 3D, ferramentas digitais 3D de fácil utilização são empregadas para a produção e compartilhamento de designs. Iniciativas como esta são complementares às de produção domiciliar, pois, para que estas se viabilizem, é preciso que também o projeto de roupas se democratize para oferecer alternativas aos consumidores que desejem produzir seus próprios itens de vestuário.

Se a impressão 3D ainda está em gestação no setor, o futuro parece não poder esperar. Um projeto de Skylar Tibbits realizado no MIT Architecture com pesquisadores das empresas Stratasys e de um grande fabricante de CAD 3D foi além das tecnologias 3DP e desenvolveu a 4DP. A impressão 4D adiciona a variável tempo às três dimensões espaciais. Componentes impressos em 4D podem se aglomerar autonomamente em uma estrutura previamente projetada ou gerar de maneira autônoma estruturas que se transformam, alterando sua forma no tempo ou quando confrontados com certas condições do ambiente. O princípio de sua concepção na produção de roupas baseia-se na necessidade de adaptação das formas aos movimentos (FASHIONLAB, 2014).

Outra iniciativa em 4DP, que pode ser visualizada por meio do QR Code ao lado, o Kinematics é um sistema que cria formas complexas e dobráveis compostas de

módulos articulados. O sistema provê uma maneira de tornar qualquer forma tridimensional em uma estrutura flexível produzida em uma impressora 3D. Kinematics combina técnicas de geometria computacional com física do corpo rígido e técnicas de customização. O sistema permite que grandes objetos, como um vestido, sejam comprimidos para poderem ser impressos em uma impressora 3D de pequenas dimensões. É possível produzir padrões complexos com a flexibilidade necessária para vestir o corpo humano (LOUIS-ROSEMBERG, 2013).

Ray Kurzweil, da Google, prevê que em menos de dez anos estaremos imprimindo nossas roupas; enquanto isso, as minifábricas estarão vendendo diretamente para seus consumidores. São reflexos do potencial sociopolítico da manufatura domiciliar e do movimento de *Open Design* (TURK, 2014; NEAL, 2014).

Nos próximos dois capítulos serão apresentadas as orientações estratégicas para o futuro até 2030 e as narrativas de desenvolvimento, para sugerir como as ênfases e as aplicações tecnológicas poderão ser relacionadas com os elos estratégicos. Dessa forma, espera-se oferecer um quadro evolutivo capaz de guiar as iniciativas de investimentos, financiamentos, capacitação empresarial e formação profissional.

CAPÍTULO 6
PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0: BEM-VINDAS AS ECONOMIAS EXPONENCIAIS DE REDE

Em nossa busca por tecnologias aplicadas no setor têxtil e de confecção, fomos, até aqui, capazes de ilustrar uma série de desenvolvimentos tecnológicos presentes em atividades de agregação de valor aos produtos e de racionalização de recursos e de processos.

Pequenas, médias e grandes empresas, consórcios, associações, empreendedores individuais, são diversas as manifestações de busca por inovações que tornam, a cada dia, mais conectados física, biológica, química, social e culturalmente os mundos físico e virtual, os homens e as máquinas.

A partir dos trabalhos alemães (cf. KAGERMANN et alii, 2013; HERMANN, 2015) visitados nesta obra e de outros que abordam as fábricas inteligentes (ZUEHLKE, 2010; RADZIWON et alii, 2014; HAJRIZI, 2016; WANG et alii, 2016), verificou-se que a filosofia da Indústria 4.0 concentra-se, essencialmente, em três princípios:

Instantaneidade

Em uma primeira instância, isso significa que o consumidor poderá participar, em tempo real, do projeto, do desenvolvimento, da produção e da entrega no momento mesmo em que essas operações são realizadas. O que torna possível essa forma de interação do sistema com o consumidor é a disseminação das tecnologias móveis, dos aplicativos e da Internet. Mas não só o consumidor será capaz de atuar dessa forma, também os fornecedores e clientes de processos em todas as redes de criação de valor terão informações instantâneas no momento exato em que são criadas.

Individualização

Capaz de agir em simultaneidade com todo o sistema produtivo e sua rede de criação de valor, o consumidor adquirirá a capacidade de ser atendido individualmente, ou seja, de atuarem de maneira tão íntima com a produção dos artigos que deseja ou necessita, que ele mesmo fará parte do sistema de lote único que fabricará seu produto ou serviço. Por meio das mesmas tecnologias cotidianas que já mencionamos, associadas a ferramentas de virtualização do design e da produção e a plataformas em nuvem para integração da informação em toda a rede de valor, cada peça, cada produto, cada serviço poderá ser produzido com alto grau de individualização, sem que isso represente perdas econômicas ou restrição de acesso por aumento de custos.

Autonomização

O princípio da autonomização refere-se à capacidade dos sistemas ciberfísicos de produção e consumo de atuarem sem interferência humana para projetar, produzir e ajustar-se à gestão de todos os insumos, materiais ou imateriais, necessários para atender uma solicitação individual, instantânea e já paga por um consumidor integrado ao sistema.

Mas que mudança filosófica nos modos atuais de produção e consumo esses princípios na verdade significam, a ponto de podermos dizer que estamos na alvorada da Quarta Revolução Industrial?

Em nossa avaliação, a grande mudança não se restringe e não se deve exclusivamente ao uso intensivo e extensivo de tecnologias e de ciência de ponta nas indústrias, como sugerem trabalhos americanos (cf. NSTC, 2016), ao emprego sistemático de conhecimentos altamente especializados que requerem alto nível de formação e de investimentos. A grande transformação em curso se deve, principalmente, ao uso cotidiano de tecnologias bem próximas das pessoas comuns em toda sorte de atividades - trabalhadores e consumidores -, recursos que não fazem distinção entre níveis de formação, grupos e categorias sociais, culturais e políticas nem se limitam por distâncias e localizações geográficas.

O homem comum está imerso em um ambiente virtual que se sobrepõe à sua vida tradicional e no qual ele desenvolve a cada dia novas formas de entender o mundo. Mas o que isso tem a ver com a mudança radical dos modos de produção humana e sua influência em nossa vida? Bem, tra-

ta-se de uma evidência clara e objetiva de que já vivemos em um mundo ciberfísico, que nos integra física e virtualmente, mesmo que a maioria das pessoas, e até o corretor de texto, não reconheçam ou saibam o que esta palavra significa.

Automação e robotização são soluções presentes no cotidiano de indústrias de automóveis há algumas décadas. A autonomia de máquinas, equipamentos e dispositivos há muito deixou de ser apenas física: a automação de TI é um processo bem conhecido em muitas outras indústrias. Portanto, a questão central para entendermos como os princípios da Indústria 4.0 podem ajudar o setor têxtil e de confecção brasileiro a dar um salto quântico para ocupar em pouco tempo posição de destaque na indústria nacional, não se concentra em automatizar e robotizar processos têxteis tradicionais. Simplesmente porque esses processos refletem a lógica produtiva da revolução anterior, voltada para grandes escalas, máxima padronização possível e concentração de informação e de capital em cadeias produtivas.

Fabricantes de máquinas, em geral, guardam bem seus segredos para preservar, durante o maior tempo possível, os ganhos de capital que remuneram seus investimentos e premiam os riscos assumidos com a inovação de seus produtos. Esta estratégia, no entanto, fez com que, até os dias de hoje, a integração física e informacional entre máquinas, equipamentos e processos de diferentes fabricantes, em diferentes etapas da manufatura, caminhasse em um ritmo muito mais lento do que poderia ser adotado se os ganhos da integração e do compartilhamento de informações fossem claramente maiores do que os obtidos com a imposição de restrições e barreiras características das tecnologias proprietárias.

Mas se de um momento para o outro, esta situação se revertesse, se os atores mais diversos da rede de valor que produz, comercializa, gerencia, distribui, compra, presta serviços, regula e normatiza se tornassem aptos a obter economias exponenciais, justamente por serem capazes de compartilhar informações em tempo real, de conhecer com precisão o que está sendo comprado, sem os riscos de trabalharem com previsões?

6.1. Economias exponenciais de rede

Para analisar essas questões, devemos concentrar nossa atenção nos três princípios que elencamos no início deste capítulo: instantaneidade, individualização e autonomização.

Esses três princípios interagem entre si. À medida que um sistema de produção e consumo se desenvolve e se capacita em um deles, os demais veem estendidas suas fronteiras sociais, econômicas e tecnológicas, e novas oportunidades se abrem para novos empreendedores e novos modelos de empresas.

É essa atuação sinérgica que será capaz de transformar os ganhos de escala tradicionais - que permitem a multiplicação das margens pela repartição dos custos fixos em unidades padronizadas - pelos ganhos exponenciais das economias de rede. Ao se propiciar, em tempo real e individualizadamente, a integração do consumidor aos estágios mais prematuros da fabricação de um bem ou serviço, o compartilhamento seguro e instantâneo de informações pelos atores de toda a rede e o aumento da autonomia dos sistemas de produção, reduzem-se exponencialmente os custos com previsões de consumo e com os desperdícios que lhes são inerentes, em toda a rede. Por outro lado, comprimem-se o tempo e o espaço de acesso a uma multiplicidade crescente de novos produtos, criados a partir da interação em tempo real de fontes múltiplas de informação que ajustam, racionalizam e desenvolvem, sistematicamente, aspectos funcionais e estéticos, criando valor exponencialmente. Essa substituição de princípios clássicos de organização industrial, de divisão da produção e do trabalho, de governança das cadeias e de capitalização é que fundamenta a ruptura com as estruturas produtivas anteriores e nos permite falar em Quarta Revolução Industrial.

Vamos analisar um modelo de fábrica inteligente em funcionamento para ilustrar as grandes transformações de que estamos falando.

Na figura 11, um vestido é produzido em uma manufatura "A". Um insumo "i_A", necessário à fabricação do produto "P_A" (o próprio vestido), é fabricado em outra empresa "B". O insumo iA, por sua vez, é um produto "P_B" que resulta da associação e da transformação de componentes realizados em uma cadeia de empresas "C" e "D", e assim sucessivamente. Essa rede de valor pode se estender por uma gama muito grande de parceiros, fornecedores e clientes, tanto de bens processados quanto de matérias-primas e de serviços. Esse sistema de produção e consumo que integra o consumidor desde a criação individualizada e em tempo real do produto, também poderá incluir profissionais liberais e redes sociais que atuem em plataformas autorizadas. As linhas de ligação entre insumos e produtos

mostram o sentido da informação, disseminada instantaneamente por toda a rede, a partir da compra finalizada pela consumidora representada na empresa A.

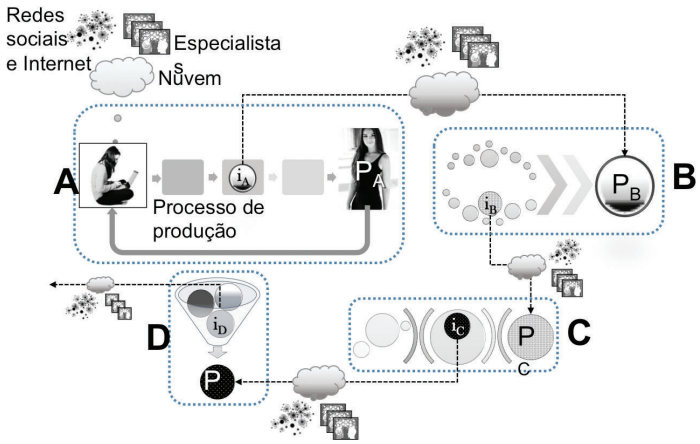

Figura 11: Rede de valor da produção de um vestido
Elaboração própria

Como exemplo, podemos analisar o caso de uma consumidora que, no início do processo de produção, a partir de sua casa, faça a escolha de um vestido em uma base de dados virtual de modelos. Por meio de ferramentas digitais, ela escolhe e altera formas, cores, materiais e estruturas, o que atende ao princípio da individualização.

A consumidora, em tempo real, também pode acessar especialistas que lhe ofereçam orientações de moda pela plataforma em nuvem de fornecedores de serviços. Ao mesmo tempo, pela Internet, de seu celular, ela interage com suas redes sociais, enviando fotos e simulações de seu avatar vestido com diferentes alternativas, reforçando o princípio da instantaneidade.

Quando as experiências virtuais de consumo chegam ao fim, ela finaliza sua compra, informando dados de seu cartão ou empregando uma das inúmeras formas de pagamento virtual que hoje estão disponíveis.

Ao finalizar a compra, uma ordem de produção é imediatamente lançada e a produção de sua peça de roupa é iniciada na manufatura da empresa que ela escolheu. A finalização da compra capitaliza em valores reais – e não estimados ou previstos – cada participante da rede de valor do

produto, no caso, do vestido adquirido. Isso significa que, no mesmo instante, todos os atores envolvidos nas relações de produção e consumo têm uma noção precisa – de tempo, espaço e de quantidades – da demanda de todos os insumos, intervenções, operações, equipamentos e profissionais envolvidos. Enquanto os pedidos individualizados sucedem-se em tempo real, uma nova filosofia de produção é necessária para atendê-los. A parcela de cada insumo de seu produto que foi paga reforça a adoção do princípio de autonomização em toda a rede.

A complexidade crescente do ambiente só pode ser equacionada pelo aumento de autonomia em tempo real e de forma compartilhada de processos decisórios do todo e das partes do sistema de produção e consumo, entendido como um organismo, com apoio de sistemas ciberfísicos inteligentes, capazes de ajustarem-se em tempo real às flutuações e necessidades de organização flexível e modular da produção.

Como vimos, os resultados da adoção dos três princípios fundamentais da Indústria 4.0 pelo sistema são ganhos exponenciais promovidos pela disseminação de economias sistemáticas de tempo e de recursos e pela multiplicidade crescente de novas formas criação de valor em rede.

Para reforçar os conceitos, vamos voltar à etapa em que a consumidora inicia suas experiências de consumo. Em uma empresa tradicional, uma equipe de designers contratados pela empresa teria desenvolvido produtos baseados na expectativa de demanda a partir da análise de tendências, produzindo diferentes linhas de produtos, com variações de cores, materiais, estruturas, aviamentos, modelagens.

Devido aos novos hábitos de consumo, que comprimem o espaço e o tempo, dezenas de coleções lançadas por ano, mesmo que em quantidade reduzida de peças por número, exigiriam caros espaços de estoque em lojas, profissionais de venda bem treinados, sistemas sofisticados de armazenamento e controle de informações e inúmeras operações de apoio; todos também dedicados a um percentual significativo de peças que simplesmente não seriam vendidas.

Para reduzir as perdas que advêm das incertezas e equívocos de previsão, cada lançamento de coleção é sucedido por períodos de baixa de preços. Para compensar tais perdas, a cauda longa de produtos vendidos com descontos implica, necessariamente, em preços bem mais altos no lançamento de coleções. A possibilidade de eliminação de erros nos lançamentos pela

adoção dos princípios de individualização, instantaneidade e autonomia, culminará na redução de preços e de custos, com consequentes ampliação do acesso de consumidores e aumento da competitividade das empresas.

Para lidar com as incertezas crescentes – o número de coleções anuais só faz aumentar –, muitas empresas já adotam sistemas integrados entre suas lojas e suas equipes de design e de produção, procurando identificar, no menor tempo possível, as linhas campeãs que orientarão os novos desenvolvimentos de produtos, reduzindo os efeitos de cauda longa. Por mais perspicazes que sejam seus profissionais e seus sistemas, no entanto, sua filosofia de trabalho continua a ser fundamentada na previsão da demanda a partir do consumo e não no consumo real e instantâneo – e pago - do que ainda será produzido.

Em uma empresa inteligente, a equipe de design não desaparecerá, mas será remunerada diretamente, ou pelo menos em grande parte, pelo consumo em tempo real. Uma fração cada vez mais importante da atuação de seus profissionais – e não apenas os da equipe de design, mas também operadores e administradores, e, principalmente, profissionais de compras e de vendas – sofrerá influência direta do consumo, e do grau de autonomia do sistema ciberfísico, sendo parte ou mesmo a totalidade de sua remuneração instantânea resultante, simultaneamente, de cada compra realizada.

É importante refletir a respeito do grau de individualização que uma roupa pode vir a assumir. Inicialmente, poderíamos pensar que com o uso de sistemas CAD 3D seríamos capazes de vestir virtualmente um avatar com as dimensões precisas do corpo do consumidor, sem precisar de moldes e grades de tamanhos. Tal capacidade de moldar a roupa ao corpo propiciada pela tecnologia faria desaparecer completamente a técnica de Modelagem. Não é bem assim. A Modelagem não visa apenas ajustar a roupa às formas exatas do corpo; visa também oferecer-lhe uma proposição estética criada pelo Design e pelo Estilo a partir da Moda, já que características e proporções físicas que diferenciem um corpo de um padrão estético podem ser ajustadas pelas técnicas de vestir. Tais ajustes seguem padrões, o que, paradoxalmente, em um primeiro momento, opõe-se ao princípio da individualização.

Guiados e ambientados permanentemente pela moda e suas tendências, linhas, formas, cores, materiais e técnicas de montagem de roupas são elaboradas por designers para encontrar composições estéticas que reforcem estilos pessoais. Não se trata, portanto, de um produto com atributos

unicamente funcionais, como cobrir e proteger, ou como já permitem os desenvolvimentos atuais, comunicar, sanear, medicar. Algumas iniciativas de integração da produção ao consumidor optam por partir de uma base de moldes virtuais para então adaptá-los ao corpo, preservando princípios estéticos que consolidem as tendências de moda. A individualização pode ocorrer, entretanto, na eliminação das grades de tamanho e na sutileza de adaptações da forma ao corpo.

A moulage – modelagem tridimensional – digital, em que a roupa é virtualmente moldada sobre o avatar para só então ser planificada para o corte é outro campo de desenvolvimento promissor que reforçará a individualização. É o que oferecem estúdios de design que desenvolvem experiências de impressão 3D, como a Nervous System Inc. (NERVOUS SYSTEM, 2017), sem moldes e, portanto, sem a necessidade de planificação, como a ilustrada no QR Code ao lado.

Essa lógica se estende por toda a rede de valor, envolvendo fornecedores e clientes da mesma forma com que envolvemos os designers e a consumidora individual. Como podemos observar na Figura 11, um insumo, por exemplo, um cartucho de toner de uma impressora digital utilizada em uma estampa, tem uma fração de seu volume já comprometida com o vestido já pago pela consumidora. Essa fração de material pertence à quem comprou e não mais à empresa. Mas não apenas o material, também uma fração de todo o processo de agregação de valor da produção do cartucho e da tecnologia de impressão pertence, pois já foi paga, à consumidora que aguarda seu produto em casa ou em uma estação de delivery.

Na sequência da imagem, vemos a cadeia de apropriação que pode se estender por toda a rede de atores produtivos, comerciais e de serviços necessários para entregar o produto desejado e pago pela consumidora. Ao se efetuar o pagamento e dar início ao processo de fabricação de um produto, informa-se, automaticamente, a toda a rede de valor, cada fração de insumo, ou peça, ou trabalho humano, associada ao produto que acabou de ser comprado.

Assim como a consumidora de nosso modelo, cada um dos atores da rede de valor pode estar ligado a uma ou várias plataformas virtuais em nuvem que abrem caminho para o aparecimento de novos tipos de profissionais e de novas filosofias de empreendimentos.

Precisamos, então, nos conscientizar que a integração e autonomia do sistema de produção são muito mais amplas e profundas do que pensávamos inicialmente. Com os mesmos smartphones usados pelo consumidor, também os trabalhadores podem interagir com máquinas e dispositivos. Por meio de aplicativos de Realidade Aumentada e de Realidade Virtual, fartamente disponíveis no mercado de aplicativos para celulares, operadores podem receber apoio para análise e solução de problemas, trocando informações com o sistema e com especialistas de dentro ou de fora de seu ambiente de trabalho.

Novos conhecimentos e soluções desenvolvidas pelos fabricantes de máquinas e por toda a rede de fornecedores de serviços podem estar disponíveis de maneira visual e interativa, ampliando a capacidade de resolver problemas, gerar alternativas e desenvolver aperfeiçoamentos contínuos, em um processo interativo, ágil e exponencial de criação de valor em toda a rede.

6.2 Fábricas Inteligentes

De maneira similar à encontrada pela aliança estadunidense VIMA (2015), para projetar sua minifábrica, a iniciativa tecnológica alemã patenteada como SmartFactoryKL (cf. SMART FACTORY, 2017) sinaliza para a reformulação de conceitos e de princípios tecnológicos e econômicos que queremos reforçar. A iniciativa SmartFactoryKL foi fundada por diversos parceiros acadêmicos e industriais para criar e operar uma planta de demonstração e de pesquisa de tecnologias fabris do futuro (ZUEHLKE, 2010; RADZIWON et alii, 2014).

Para que todos os equipamentos trabalhem de forma integrada é preciso que suas conexões físicas e informacionais sejam projetadas em conjunto, o que requer uma mudança significativa nas formas de governança de cadeias e na organização industrial. Alianças, redes, parcerias e consórcios de fabricantes de tecnologia são fundamentais neste momento para produzir acoplamentos e protocolos padronizados, leiautes flexíveis e processos virtuais de produção.

No caso da indústria têxtil, fábricas integradas ao consumidor devem se orientar, preferencialmente, para enfrentar os desafios da integração virtual de clientes, fornecedores, consumidores e trabalhadores, de novas e adaptativas filosofias de estabelecimento de contratos, do relacionamento aberto com plataformas de serviços e do compartilhamento seguro e eficaz de informações em tempo real em sua própria rede.

Uma minifábrica de confecção integrada ao consumidor teria um esquema semelhante ao da Figura 12, em que P1, P2 e P3 são processos específicos de produção.

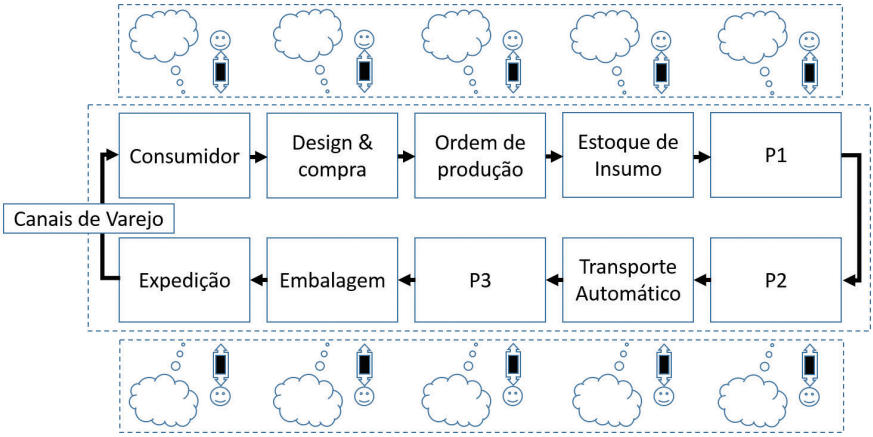

Figura 12. Modelo de minifábrica.
Fonte: Elaboração própria.

No esquema, vemos que o consumidor foi integrado ao processo produtivo, agora entendido como um processo de produção e consumo. O sistema tem suas capacidades de comunicação e sua autonomia estendidas por meio de tablets, smartphones, da Internet e dos recursos cotidianamente empregados por profissionais e consumidores, e que se integram por meio de aplicativos e algoritmos inteligentes às máquinas e sistemas empresariais de maneira segura e discricionária determinada pelo modelo de gestão da rede. Plataformas de serviços autônomos podem ampliar a capacidade de gerar novas soluções a todo momento, por meio de formas alternativas e efêmeras de contratação de serviços profissionais.

Os canais de varejo personalizado podem ser lojas integradas ao produtor, serviços de entrega, dispositivos de delivery localizados em diferentes pontos da cidade ou até mesmo nichos em grandes varejistas. É importante relembrar que, como vimos anteriormente, na Quarta Revolução Industrial, o modelo de minifábrica inteligente comandada pelo consumidor final é modular, flexível, desmontável, móvel e sustentável, podendo, por ter essas características, ocupar pequenos espaços em ambientes urbanos, em diversos bairros, eventos, estacionamentos ou mesmo em shoppings.

Chamamos a atenção, no entanto, para o risco de iniciativas precipitadas de autonomização de uma fábrica por meio de soluções de caráter adaptativo de máquinas de diferentes fabricantes que visem sua automação e robotização . Sendo excessivamente caras e complexas no presente para pequenas e médias empresas, as soluções encontradas, possivelmente, não estarão representadas no projeto de instalações de manufaturas no futuro, se a tendência de projetos integrados de fábricas inteligentes realizados em consórcios e associações se confirmar.

Precisamos ainda analisar as questões relativas às competências profissionais que desde já deverão atuar sob a luz da Quarta Revolução Industrial.

Trabalhos revisados neste livro revelaram a orientação das políticas de produção e consumo de países ricos para a necessidade de alta qualificação de trabalhadores. De fato, à medida que todos os setores industriais sejam alçados à categoria de indústrias de alta intensidade tecnológica, que os sistemas de produção se tornem autônomos e que novas filosofias de produção e consumo se disseminem por todas as sociedades, a complexidade nos ambientes de trabalho humano deverá aumentar. Por esse motivo, o desenvolvimento de interfaces de apoio, de rápida e fácil comunicação entre máquinas e seres humanos, deverá sofrer um substancial avanço na próxima década. Essas interfaces, entretanto, como já dissemos, não são necessariamente tecnologias distantes do usuário. Na verdade, a nova geração de celulares já faz uso de plataformas de Realidade Aumentada e de Realidade Virtual para estender a capacidade de interação do usuário com o ambiente físico à sua volta, em jogos, sistemas educacionais, e inúmeros outros serviços, incluindo o suporte inteligente às atividades profissionais.

Essa tendência de popularização das tecnologias de informação e de comunicação para virtualização das relações entre pessoas e máquinas é particularmente importante para os países que apresentam distorções acentuadas na distribuição de renda e que enfrentam grande defasagem entre os níveis educacionais de suas classes econômicas. Se por um lado, a dificuldade de comunicação nas empresas tende a se acentuar à medida que a complexidade técnica e tecnológica aumenta nos ambientes fabris que empregam profissionais de baixa remuneração, por outro, o desenvolvimento de aplicativos para tecnologias móveis – e em breve de algoritmos inteligentes - e seu crescente emprego no cotidiano das pessoas atuam de forma a dissolver essas dificuldades de comunicação, entre profissionais e

entre eles e os sistemas de produção. Basta considerarmos a disseminação popular de celulares, de aplicativos e de redes sociais virtuais em todo o mundo, que ocorre de maneira indiscriminada em todas as classes econômicas e de forma independente dos níveis de educação, para vislumbrarmos o potencial comunicativo e integrador dessas tecnologias.

Uma importante questão se impõe quanto à adoção de princípios de Indústria 4.0 no setor têxtil e de confecção: a acessibilidade de pequenas empresas. Habituados a refletir sob a lógica do modo de produção vigente, nos deparamos com as mesmas mazelas crônicas que sempre mantiveram as pequenas empresas à margem do desenvolvimento científico e tecnológico da manufatura. Mas, se considerarmos cuidadosamente os princípios aqui analisados, veremos que a matriz da lógica que fundará os novos modos de produção rompe completamente seus laços com a anterior, o que implica na necessidade de observarmos os problemas habituais sob outro ângulo.

Justamente por terem se tornado crônicos, os problemas que tradicionalmente impediram a evolução da complexidade dos sistemas em pequenas empresas não podem mais motivar buscas de solução na lógica antiga. A falta de costureiras industriais, a perda progressiva dos canais de distribuição e comercialização para o grande varejo, o reduzido poder de barganha e a baixa produtividade de pequenas confecções são, na verdade, problemas anacrônicos, ou seja, já estão fora de seu tempo. Devem-se à evolução dos sistemas sociais, econômicos, tecnológicos e culturais que condenam seus modelos de negócios ao desaparecimento.

A solução para tais dificuldades não poderá vir da insistência em se preservarem estruturas arcaicas - social e tecnologicamente, e com baixa capacidade de integração - em uma rede ágil, dinâmica, inteligente e intensiva em tecnologia.

Ao contrário do que seria de se esperar, a acessibilidade – em todo lugar, a qualquer hora e no mesmo instante - de todos os atores envolvidos na produção e no consumo a novas tecnologias e a novos conhecimentos, une-se, gradualmente, aos novos modelos de negócios que fazem uso intensivo de tecnologias digitais e de ferramentas virtuais. Pode-se, assim, conjecturar a respeito da capacidade de comunidades instantâneas e efêmeras formadas por trabalhadores, clientes, fornecedores, profissionais autônomos, acadêmicos e de redes sociais virtuais de tornar exponencial a capacidade de resolver problemas, de propor soluções inovadoras e de criar valor social e econômico.

A título de exemplo, ressaltamos as novas orientações da plataforma tecnológica europeia do setor têxtil e de confecção (Textile ETP, 2016) quanto aos fundos para projetos de inovação: enfatizar pequenos projetos de curto prazo, em detrimento de grandes. Tal ênfase é uma das medidas que prioriza as pequenas empresas do setor como motores de desenvolvimento de um novo tecido industrial capaz de criar empregos e riqueza em solo europeu.

Soluções trazidas por pequenas empresas para pequenas empresas podem romper com as barreiras usuais que inviabilizam o acesso aos grandes fornecedores de soluções de automação. É preciso ter em consideração que a filosofia Indústria 4.0 se espraia por todos os setores e que modelos de negócio mais ágeis, dinâmicos e versáteis se desenvolvem intensamente em campos emergentes das tecnologias de informação e comunicação.

Um novo tecido industrial formado por minifábricas inteligentes poderá se desenvolver no Brasil da mesma forma e no mesmo tempo que na Alemanha e nos EUA, desde que orientado por políticas de amparo e estímulo a novos empreendedores e a novos empreendimentos, criados sob a luz dos três princípios que elencamos.

Por fim, uma aparente contradição emerge quando são confrontados os princípios de individualização, instantaneidade e autonomização com a sustentabilidade dos sistemas de produção e consumo nos modos da Indústria 4.0. Mais uma vez, precisamos estar atentos às mudanças radicais de paradigmas que serão promovidas pela lógica da nova filosofia. Produtos individualizados significam produtos ajustados perfeitamente aos desejos e necessidades de seus consumidores. Por resultarem de processos mais racionais e evoluídos, técnica e economicamente, os produtos e serviços comprados poderão empregar materiais de melhor qualidade, sendo mais duráveis. Por serem projetados e fabricados em íntimo acordo com aspectos subjetivos, estarão em maior sintonia com a própria personalidade do consumidor, imbricados em sua identidade. Portanto, se o desempenho de tal sistema pode aumentar o acesso de compradores e a diversidade de produtos consumidos, os impactos ambientais desses aumentos poderão se reverter de maneira vantajosa pela extensão do tempo de uso, pela redução dos descartes que resultam das tentativas e erros de consumo e pelas novas características e propriedades sustentáveis dos novos materiais, insumos e processos utilizados.

CAPÍTULO 7
A VISÃO 2030, SEUS OBJETIVOS E DIRETRIZES

Quais as principais ênfases estratégicas que o setor T&C brasileiro, orientado pela Confecção e com apoio do Design, das Fibras e de Novos Canais de ligação com o consumidor, deverá seguir até 2030?

Ao longo do Projeto Visão 2030, o CSITCB recebeu e orientou a busca de informações e de pesquisas. Os membros do Comitê, em três seminários realizados, culminaram na formulação de uma nova visão de futuro, aperfeiçoando aquela que havia sido elaborada em 2008, com horizonte de 2023. Opiniões, observações de campo e conteúdos extraídos de diversas leituras compuseram um grande bloco de informações analíticas sobre temas a respeito do futuro do setor, tendo como principais ênfases definidas pelo Comitê a Confecção, o Design, as Fibras e os Novos Canais.

Estudos, entrevistas e observações foram sintetizados, reunidos e categorizados até serem reagrupados nas mesmas seis dimensões originais do Estudo Prospectivo Setorial T&C, de 2008, quais sejam: Mercado, Tecnologia, Talentos, Investimentos, Infraestrutura Político-institucional e Infraestrutura Física. Dessa forma, foi possível ao Comitê avaliar as estratégias, os objetivos, pontos de chegada e diretrizes estabelecidas em 2008, optando por mantê-las, alterá-las ou substituí-las por outras que melhor se coadunassem com as novas informações recebidas e com a experiência setorial adquirida nos últimos sete anos.

As informações e produtos a seguir sintetizam os resultados do terceiro e último encontro do Comitê, realizado em 2015. A esta síntese estratégica deverão se adicionar as narrativas apresentadas no último capítulo para oferecer um quadro-resumo de ênfases para o desenho de ações e políticas de desenvolvimento do setor rumo à Confecção 4.0.

Os resultados sugerem que, assim como em outros setores, em 2030, tanto a indústria têxtil quanto a de confecção trabalharão sob a filosofia

e os princípios da Indústria 4.0. A produção assumirá ares de um grande organismo semiautônomo para atender e projetar, quase instantaneamente, as necessidades e desejos dos consumidores-cidadãos em formação. Fibras, fios e tecidos e novos substratos serão insumos de alta tecnologia incorporada nos diversos tipos de vestuário, ampliando suas funções, alterando profundamente os processos de fabricação e transformando, progressivamente, o conceito tradicional de produto confeccionado.

Para a modernização tecnológica, automação de suas fábricas e a generalização da manufatura ágil, será necessário vencer as barreiras culturais e romper com valores tradicionais que impedem o abandono dos paradigmas da produção de massa padronizada e buscar novas soluções para questões como Trabalho, Emprego, Automação e Integração nas Cadeias de Valor Globais.

Na sequência, são apresentados a Visão e os elementos da estratégia para alcançá-la, nas seis dimensões citadas.

7.1. Visão 2030

O Seminário realizado no terceiro encontro do CSITCB resultou na formulação da nova visão de futuro para a cadeia de valor têxtil e de confecção brasileira. A Figura 13 apresenta a Visão 2030 circundada pelas seis dimensões estratégicas e estas pelas quatro ênfases identificadas pelo Comitê.

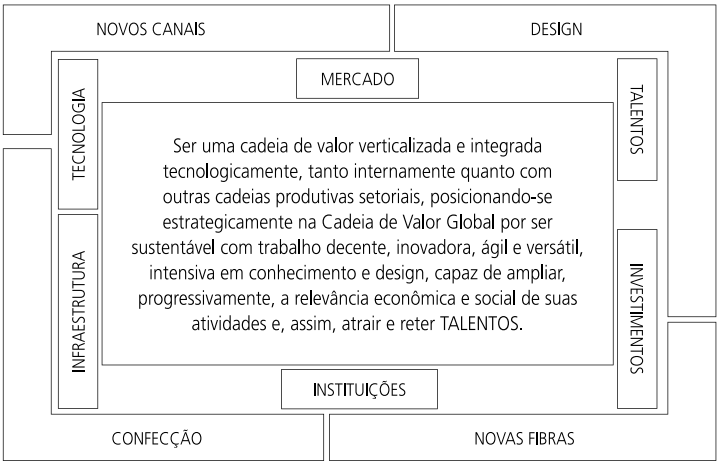

Figura 13. Diagrama da Visão 2030.
Fonte: Elaboração própria.

7.2. Estratégias em seis dimensões

7.2.1. Mercado

Estratégia	Ampliar a participação de empresas brasileiras socialmente responsáveis nos mercados doméstico e internacional por meio da oferta de produtos e serviços com maior sofisticação e complexidade, maior valor agregado e custo competitivo, encorajando os investimentos para a integração de todos os elos da cadeia de valor.
Objetivo estratégico	Desenvolver uma cadeia de agregação de valor intensiva em tecnologia, ágil, versátil e sustentável, fundamentada em conceitos que agreguem as diversidades culturais, geográficas e ambientais do Brasil, e apoiada em marcas fortes e reconhecidas nacional e internacionalmente.
Ponto de chegada	Mercado doméstico consolidado e fidelizado com produtos e serviços mais sofisticados, complexos, intensivos em tecnologia, com alto valor agregado, preços e custos competitivos, e mercado internacional em processo de conquista de nichos estratégicos, suportados por um setor dinâmico e inovador.
Diretriz	Fomentar a integração da cadeia de valor apoiada em gestão, inovação, design, tecnologias de informação, manufatura e logística, reforçando a articulação dos atores e o incremento da produtividade e da sofisticação e complexidade dos produtos e serviços do setor.

7.2.2. Tecnologia

Estratégia	Criar Plataforma Tecnológica para o setor que auxilie a disseminação dos princípios da Indústria 4.0 e sua transformação em uma cadeia de valor ágil e versátil, integrada e orientada pelo consumo e pela inovação, intensiva no uso de têxteis técnicos e inteligentes e que interaja com outros setores intensivos em tecnologia.
Objetivo estratégico	Desenvolver o setor como cadeia de valor integrada a partir do consumidor final em *omnichannel* de forma a renovar a estrutura industrial com empresas automatizadas, modulares e sustentáveis com ênfase na manufatura virtual de produtos verdes associados ao bem-estar.

Ponto de chegada	Cadeia de valor integrada com fornecedores e com os consumidores em plataformas em nuvem, com forte emprego de tecnologias virtuais em 3D e capaz de fabricar produtos intensivos no uso de biotecnologia, tecnologias vestíveis e novos materiais.
Diretriz	Implementar tecnologias e linhas de pesquisa que promovam a integração da cadeia de valor com o consumo sustentável sob a filosofia de produção enxuta, enfatizando o emprego de sistemas ciberfísicos, Internet das Coisas, Internet dos Serviços e automação modular na manufatura de confecção.

7.2.3. Talentos

Estratégia	Atrair e reter talentos a partir da redivisão do trabalho na cadeia de valor orientada pela automação e integração tecnológica sob a filosofia de produção enxuta e os princípios da Indústria 4.0.
Objetivo estratégico	Desenvolver, atrair e reter talentos em áreas intensivas em conhecimentos estratégicos para o setor, com ênfase em manufatura virtual e enxuta, emprego de novos materiais e biotecnologias, modelagem 3D, engenharia de produtos, fibras, processos, design e novos canais de comunicação.
Ponto de chegada	O setor conta com talentos de alto nível técnico-científico, bem remunerados em todas as atividades estratégicas da cadeia de valor, desde empreendedores inovadores até operadores e técnicos com qualificações transdisciplinares.
Diretriz	Promover iniciativas conjuntas de governo, associações e sindicatos patronais e de empregados, ICTI e empresas para reformular sistemas de qualificações de atividades e realizar mudanças no ensino e modernização das relações trabalhistas orientadas para a atração e retenção de talentos em toda a cadeia de valor.

7.2.4. Infraestrutura político-institucional

Estratégia	Integrar governo, associações e sindicatos patronais e de trabalhadores, empresas e ICTI nacionais e internacionais em uma rede de valor ágil em modelo quadripartite, formal e institucionalmente constituído.

Objetivo estratégico	Elevar o setor ao nível de coautor, juntamente com o governo, na formulação de políticas públicas geradoras de empregos qualificados, suportado por rede colaborativa de conhecimento e por arcabouço legal e regulatório inovador compatível com sua atuação nos mercados nacional e internacional.
Ponto de chegada	Setor globalmente competitivo apoiado nos princípios da Indústria 4.0, cujas governanças corporativa e pública estão consolidadas, intensivo em C&T, design e engenharia de produtos, capaz de atrair talentos e fortalecido pela integração de atores institucionais, com políticas públicas de Estado que lhe sejam especificamente voltadas.
Diretriz	Impulsionar a integração e a cooperação quadripartite na construção de políticas públicas aceleradoras da competitividade e da adoção de princípios da Indústria 4.0 que amplifiquem suas competências essenciais, seus recursos internos e o acesso às melhores práticas competitivas nacionais e internacionais.

7.2.5. Infraestrutura física

Estratégia	Integrar virtualmente uma rede de valor inovadora e suportar tecnologias e plataformas de informação e comunicação capazes de promover a cooperação entre os participantes da cadeia de valor, em especial empresas (do setor ou de setores coligados), universidades e centros de pesquisa.
Objetivo estratégico	Estabelecer rotas informacionais e físicas estratégicas para a integração nacional e internacional das cadeias de valor têxtil e confecção nacionais com a cadeia de valor global T&C, enfatizando a integração com ICTI e com outras cadeias intensivas em tecnologia.
Ponto de chegada	Setor em processo ativo de uso e integração de Big Data captura, conecta e compartilha informações e expertises, criando inteligência coletiva com nichos globais importantes por intermédio de TIC, desenvolvendo continuamente novos modelos de produção e de negócios.
Diretriz	Implementar e promover o funcionamento pleno de plataformas de acesso a informações e conhecimentos-chave para atuar e crescer em rede de maneira regulada e compactuada com ênfase nos princípios da Indústria 4.0.

7.2.6. Investimentos

Estratégia	Fomentar a reestruturação industrial para tornar as empresas da cadeia automatizadas, inovadoras, sustentáveis e competitivas, atrativas para investidores nacionais e internacionais, e ampliar os investimentos em PD&I e em novos modelos de centros de inovação compartilhados com empresas do setor e de outros.
Objetivo estratégico	Criar um ambiente que atraia e disponibilize capital para o fortalecimento de marcas e a reestruturação setorial com base em TIC para a produção virtual, individualizada e personalizada em cadeia integrada, fomentando a cultura de risco e a inovação tecnológica e o emprego de biotecnologias, novos materiais e tecnologias vestíveis.
Ponto de chegada	As empresas instaladas no Brasil são favorecidas por instrumentos inovadores e por múltiplas e diversas fontes de investimento que procuram aproveitar-se de seu potencial inovador e do valor de seu perfil de sustentabilidade para a diferenciação competitiva.
Diretriz	Criar políticas públicas de incentivos aos investimentos em virtualização da manufatura, modelagem e design 3D, manufaturas automatizadas e novos e múltiplos canais de comercialização de inovações sustentáveis nos diferentes segmentos e empresas da cadeia de valor.

CAPÍTULO 8
NARRATIVAS DE APRENDIZAGEM PARA A CONFECÇÃO, O DESIGN, AS FIBRAS E OS CANAIS DE VENDA

Tendo por base a Visão 2030, os elementos estratégicos, as tendências, as tecnologias ubíquas e as novas tecnologias para a Confecção 4.0 que deverão orientar a adoção de princípios de manufatura avançada na indústria têxtil e de confecção brasileira, neste capítulo, serão descritas narrativas para cada uma das quatro ênfases estratégicas. Cada narrativa procurará sintetizar, em um fluxo temporal até 2030, o emprego das tecnologias e sistemas anteriormente revisados.

A descrição das narrativas de aprendizagem consiste em uma alternativa a métodos similares para estabelecer caminhos a serem trilhados em direção a um futuro desejado. As sínteses das narrativas não são escalonadas no tempo em períodos predeterminados de cinco ou dez anos, por exemplo. Isso porque, para atender os diferentes atores institucionais envolvidos, em seus campos de atividades, é preciso respeitar suas curvas de aprendizagem (Figura 14).

Além de partirem de diferentes estados de conhecimento, os ramos de atividade industrial, comercial e de serviços de uma cadeia de valor empregam tecnologias que diferem em complexidade e em características científicas, técnicas, sociais e econômicas. Da mesma forma, diferenciam-se as bases institucionais, as capacidades instaladas e as competências humanas em cada área também em suas influências políticas, sociais e econômicas. Portanto, o escalonamento temporal comum não se adéqua ao perfil evolutivo real das partes do sistema. Evidentemente, todos os envolvidos devem atingir um grau de desenvolvimento em 2030 de maneira tal que possam contribuir para a ênfase estratégica nos conceitos de Indústria 4.0.

Assim, optou-se por apresentar o estado inicial, um estado intermediário e o estado final para cada uma das ênfases estratégicas: Confecção, Design, Novas Fibras e Novos Canais. Dessa forma, estabelecem-se os marcos para a construção de narrativas próprias a serem formuladas pelos atores e *stakeholders* comprometidos com a filosofia aqui apresentada nas diferentes ênfases.

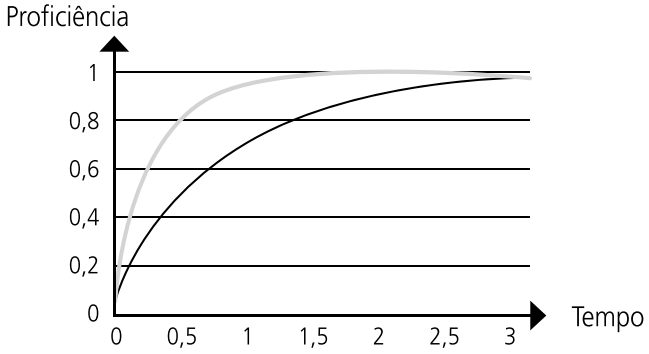

Figura 14. Curva de Aprendizagem. Fonte: FLETCHER (2013).

8.1. Confecção

A Confecção foi identificada pelos membros do CSITCB como o principal agente de mudança da nova indústria têxtil e de confecção brasileira. Se os princípios da Indústria 4.0 e suas tecnologias-chave devem se disseminar em todas as indústrias, na Confecção, esta manifestação deverá promover algumas das mais amplas e abrangentes mudanças, tendo efeitos em toda a cadeia de valor.

Tradicionalmente identificada pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 2011) como uma indústria de baixa intensidade tecnológica, a indústria têxtil e de confecção, acompanhada pelas demais indústrias no futuro, deverá realizar um grande salto qualitativo em direção às classificações de maior emprego de ciência e tecnologia em todas as suas atividades, sejam produtivas, comerciais ou de serviços. Isso significa que o emprego de sistemas ciberfísicos, Internet das Coisas, Internet dos Serviços e automação modular serão amplamente disseminados na manufatura de confecção; é o que passamos a chamar de Confecção 4.0.

Esta profunda alteração no grau de intensidade tecnológica e de complexidade e sofisticação de produtos acarretará mudanças significativas nos limites e restrições encontrados atualmente, como a dificuldade de atração de talentos e de oferta de mão de obra de baixa qualificação, como é o caso de costureiros industriais. A intensificação do emprego de novas tecnologias de materiais, produtos, processos, comunicação, informação e gestão e a hibridização de produtos e serviços provocarão mudanças na estrutura industrial, oferecendo oportunidades a novos perfis empresariais, promovendo a criação de novas interfaces entre os consumidores e os sistemas de produção e estimulando o desenvolvimento de novos modelos de negócios. Profissionais autônomos, pequenas, médias e grandes empresas, consultorias e instituições de formação técnica e científica atuarão de forma integrada competindo e cooperando para a agregação de valor em tempos cada vez mais curtos. O novo sistema será muito mais atraente para profissionais de alta qualificação, alterando o perfil de empregados e de empreendedores.

Minifábricas automatizadas, modulares, móveis e sustentáveis serão acopladas a sistemas de virtualização da criação e da produção, promovendo profunda reestruturarão industrial. A diversidade de produtos com tecnologias vestíveis, emprego de biotecnologias e de novos materiais ampliará a demanda por produtos têxteis, aumentando exponencialmente a diversidade e a intensidade tecnológica de fios, tecidos, aviamentos e produtos auxiliares exigidos para atender novas necessidades de consumo. Os efeitos a montante da disseminação de fábricas de confecção com princípios da Indústria 4.0 impulsionará a elevação qualitativa da indústria têxtil e seu desenvolvimento científico e tecnológico, desde que a demanda por novas tecnologias de produtos têxteis de ponta, que, inicialmente, deverá ser suprida por importações, seja gradualmente substituída pela produção nacional.

A narrativa de aprendizagem da Confecção está ilustrada na Figura 15 e deve iniciar-se pela extensa adoção de métodos e princípios de manufatura ágil, que reúnam as vantagens do *just in time*, *quick response* e da produção enxuta. Na fase de transição, o emprego intensivo e extensivo de tecnologias de informação e comunicação, apoiado por sistemas CAD, ambos em plataformas em nuvem, deve permitir o exercício de integração do consumidor com as manufaturas, com o apoio de plataformas de design.

No terceiro estágio, a nova estrutura produtiva em ampla disseminação deverá ser representada por pequenos negócios de manufatura automatizada com a utilização de princípios da Indústria 4.0.

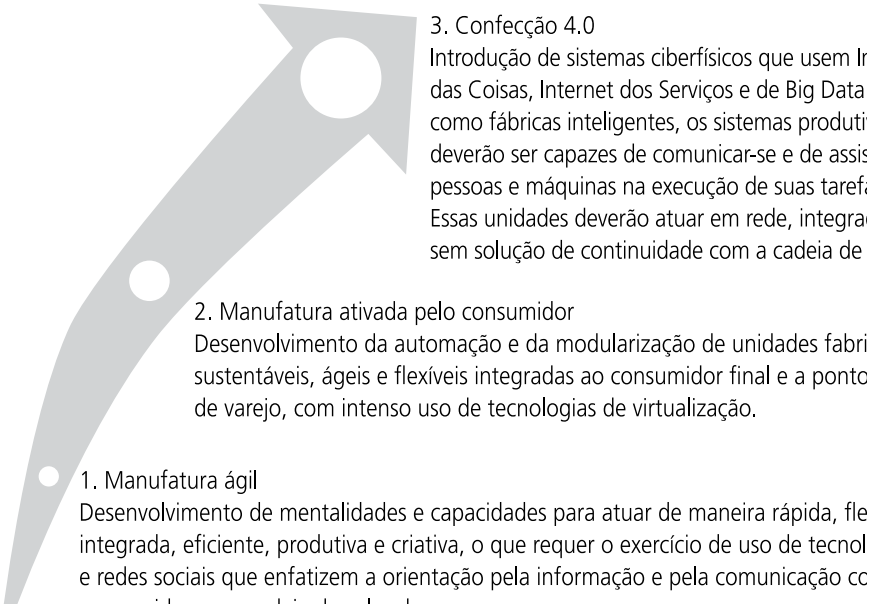

Figura 15. Narrativa de Confecção. Figura elaborada pelo próprio autor.

8.2. Design

Há uma aparente e intrínseca contradição entre os estudos de futuro e o design de moda, para Roubelat et alii (2015), pois, enquanto o design de moda – ou seja, o modo como a moda é projetada – é visto como um processo para dar sentido a produtos e revoluções das expressões culturais em estilos de curta duração, ou mesmo evanescentes, os cenários de futuro, frequentemente, exploram o longo prazo. "No entanto", refletem os autores (p. 2):

> *[...] ambos são artefatos que exploram narrativas e identidades, cada um construído com noções explícitas e incorporadas de tempo e cultura, ambos contemplando alguma coisa diferente do status quo. Assim, desta forma, há uma comunalidade entre o design de moda e os cenários. Cada um apresentando uma visão de possibilidades que ora nos atraem ora nos repelem.*

Os estudos realizados e revisados nesta obra sugerem que as narrativas de Design estarão fundamentadas na consolidação e na extensão gradual das seguintes responsabilidades:

- personalização, instantaneidade e individualização do consumo;
- cocriação e compartilhamento de produtos e serviços;
- hibridização de produtos e serviços;
- racionalização técnica, temporal e econômica da cadeia de valor por meio da manufatura ágil;
- sustentabilidade;
- funcionalidade e inteligência de produtos apoiadas em novas tecnologias;
- desenvolvimento do emprego de novos materiais e processos inteligentes;
- virtualização da produção;
- integração sem solução de continuidade de tecnologias de informação, comunicação e de processos.

O desenvolvimento de ferramentas analíticas para o estudo de sistemas biológicos combinados com o de Ciência dos Materiais e com tecnologia genética aumentará o potencial para a cópia e manipulação da natureza para inovações têxteis, enquanto a introdução de moléculas com propriedades biológicas deverá propiciar um grande número de aplicações biotecnológicas em tecidos e roupas. O potencial biomimético extremo de materiais de nova geração ilustram novos campos que deverão ser explorados pelo Design.

No que se refere à responsabilidade pela produção sustentável, a maioria dos produtos têxteis será reciclada, permitindo recuperação de parte da energia e do material utilizado. As barreiras para uma reciclagem mais eficiente deverão ser vencidas pela busca de integração entre os métodos existentes de projeto de têxteis e de confeccionados, tanto quanto de melhor coordenação da coleta do lixo pós-consumo.

O Design também deverá enfatizar a disseminação da individualização de medidas do corpo humano. Além dos métodos tradicionais para medidas tridimensionais, denominados de *3D Body Scanning*, os desenvolvimentos de sistemas CAD-3D oferecerão modelos mais realistas e mecanicamente mais precisos. Os modelos serão integrados com o design de

roupas e modelagem 3D de tecidos para criar um produto 3D completamente interativo necessário para a total virtualização do desenvolvimento de produtos e do marketing. A integração de modelos físicos com sistemas CAD para o design de roupas levará a resultados de alta precisão na prototipagem virtual. A possibilidade de digitalização do corpo humano para formar uma base de medidas e formas dinâmicas alterará paulatinamente a relação entre o talento dos designers – distribuídos na oferta de novos serviços pelas redes sociais – e dos consumidores finais até que a individualização da produção nos lares seja possível.

A exploração de tecnologias de Realidade Aumentada, sobretudo o desenvolvimento de aplicativos para celulares e outras tecnologias móveis, deverão se disseminar desde a manufatura até os serviços para explorar os novos comportamentos de consumo colaborativo nas redes sociais pela Internet. O design poderá desenvolver novos conceitos de produtos que reúnam informações virtuais com reais, reforçando a hibridização entre manufatura e serviços.

O emprego de interfaces *haptic* para permitir a exploração à distância das propriedades organolépticas dos produtos têxteis poderá criar novas funcionalidades para o design de moda, que só serão inteiramente exploradas por intermédio do desenvolvimento dos sistemas de simulação de materiais, estruturas, modelos e produtos, e do próprio corpo humano. O projeto de roupas virtuais pelo usuário a partir dos domicílios será suportado pelo desenvolvimento de plataformas colaborativas onde designers oferecerão suporte ao consumidor leigo.

A impressão 3D e mais desafiadoramente ainda a impressão 4D, em que a forma é dinâmica e se altera com os movimentos do usuário, os novos materiais compósitos e as novas estruturas que substituirão, eventualmente, os insumos e as matérias-primas tradicionalmente empregadas na indústria de confecção, são intimamente dependentes do design e de sua capacidade de oferecer soluções e de criar novos desafios.

A produção ágil, que reúne os princípios de produção enxuta com os do *just in time* e do *quick response*, dependerá cada vez mais de projetos capazes de contribuir para a racionalização de meios e recursos, em sentido tão amplo quanto se possa vislumbrar em todas as atividades na cadeia de valor de produtos e serviços, tanto quanto para a estética.

Toda esta miríade de novos problemas e soluções que se originarão das novas interações entre homens, sistemas, negócios, tecnologias e produtos será objeto do novo design.

Para o florescimento da Confecção 4.0, os princípios de design para a Indústria 4.0 deverão ser incorporados pelas narrativas para o futuro. De acordo com estudo realizado por Hermann et alii (2015), o fascínio pela Indústria 4.0 se deve ao fato de que, pela primeira vez, uma revolução industrial é antecipada em vez de ser identificada após sua ocorrência. Seus princípios aumentam a eficiência operacional, assim como o desenvolvimento de modelos de negócio, serviços e produtos inteiramente novos. Os componentes dos modelos de manufatura avançada – sistemas ciberfísicos, Big Data, Internet das Coisas (IdC) e Internet dos Serviços (IdS) – atuam de maneira integrada para criar uma cópia virtual do mundo físico e para permitir decisões descentralizadas. Os princípios do projeto desta nova manufatura são, de acordo com Hermann et al (2015):

- *Interoperabilidade*, em que homens e máquinas estarão conectados pela IdC e IdS, e todos os sistemas ciberfísicos das plantas fabris serão capazes de se comunicar uns com os outros.
- *Virtualização*, que significa que os sistemas ciberfísicos serão capazes de monitorar o processo físico e que os dados coletados por sensores estarão ligados a modelos de plantas virtuais e de simulação.
- *Descentralização*, devido à demanda crescente por produtos individualizados que tornarão mais difícil o controle centralizado, os sistemas ciberfísicos tomarão sua próprias decisões.
- *Capacidade em tempo real*, pois, para cumprir tarefas organizacionais, será necessário que os dados sejam coletados e analisados em tempo real, onde o *status* das plantas fabris será permanente e continuamente rastreado e analisado, reagindo a falhas e produzindo os redirecionamentos necessários.
- *Orientação para os serviços*, para permitir que serviços de outras empresas, recursos humanos e sistemas ciberfísicos sejam oferecidos pela IdC.
- *Modularidade*, para que sistemas modulares sejam capazes de se adaptar flexivelmente aos requisitos dinâmicos por meio de substituição e reposição de módulos.

Esses princípios podem ser adaptados para estabelecerem os pontos de partida, de transição e de chegada das narrativas, enfatizando competências essenciais do Design de Moda para que este venha a contribuir efetivamente para o modelo de manufatura Confecção 4.0.

A narrativa de aprendizagem para o Design tem seu ponto de partida no exercício de virtualização com o uso intensivo e extensivo de simuladores para que designers brasileiros exercitem e experimentem formas virtuais de aceitação de sua criatividade. A transição deve ser entendida como o estágio em que o trabalho profissional torna-se cada vez mais descentralizado, impulsionando a interoperabilidade entre negócios e profissionais de produção, comércio e serviços e consumidores com bases autônomas de criação. Em ambos os estágios é necessário que os sistemas de ensino e as empresas intensifiquem o aprendizado com sistemas CAD-3D e sistemas de medida antropométricas dinâmicas individualizadas. O terceiro estágio encontrará o Design apto ao trabalho em tempo real de cocriação com exploração plena do Big-Data. Os estágios estão ilustrados na Figura 16.

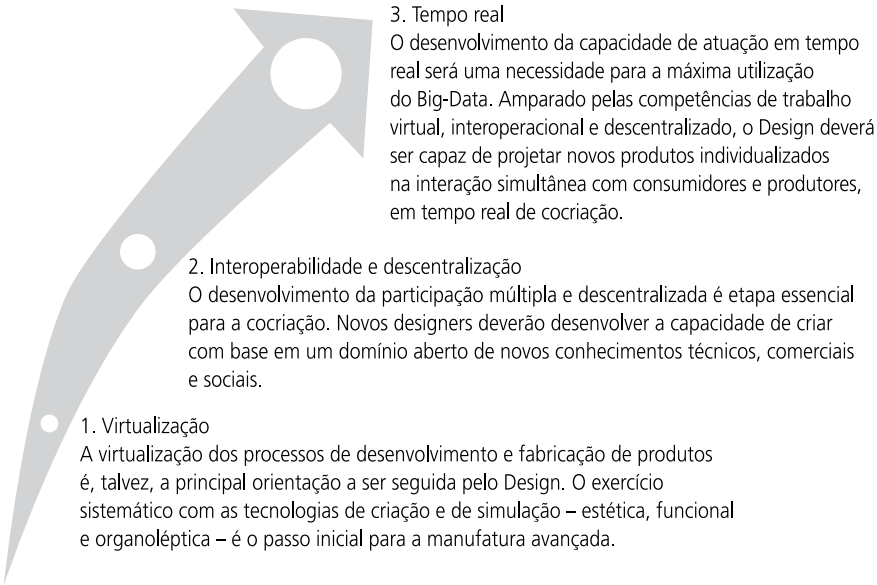

Figura 16. Narrativa de Design. Figura elaborada pelo próprio autor.

8.3. Novas fibras

Na indústria têxtil, os materiais assumem a forma de fibras ou filamentos têxteis. Estas formas longilíneas deverão permanecer como unidade estrutural têxtil pelo menos ao longo dos próximos anos, enquanto as novas estruturas inteligentes da impressão 4D não estiverem ainda plenamente desenvolvidas para substituí-las.

Quaisquer que sejam as formas que assumirão os novos materiais têxteis capazes de impulsionar a grande transformação dos sistemas de manufatura, deverão propiciar comportamentos e propriedades encontradas na natureza e nos seres vivos que lhes confiram atributos inteligentes. Seu emprego em *Smart Textiles* e *Wearable Electronics* – chamados no Brasil de têxteis inteligentes e eletrônicos vestíveis – depende de sua capacidade de atuar como sensores, condutores, atuadores, armazenadores, processadores e transmissores de energia e de informações.

Os têxteis eletrônicos, sucessivamente, reunirão as propriedades dos dispositivos eletrônicos com as propriedades das fibras. Os desenvolvimentos da nanociência e da nanotecnologia vão acelerar a miniaturização desses dispositivos e tornarão possível criar funções eletrônicas na superfície e no interior das fibras, de maneira a preservar os princípios de fabricação têxtil tradicional. Dessa forma, as fibras incorporarão funcionalidades eletrônicas e fotônicas propiciando a criação de circuitos flexíveis para atuar nas interfaces entre computadores e processadores, sensores, atuadores e *tags* de identificação por radiofrequência.

As fibras deverão ser feitas de materiais condutores e semicondutores, de maneira que todas as funcionalidades eletrônicas possam ser realizadas por ela. A fibra é a forma ideal para produzir roupas inteligentes, pois pode se integrar nas estruturas ao longo dos processos, continuamente. Devido à complexidade técnica da integração dessas funcionalidades em uma fibra têxtil, há poucos exemplos bem-sucedidos de desenvolvimento, e a evolução dessa tendência deverá ocorrer a longo prazo.

O desenvolvimento de biofibras é outro ramo de interesse que deverá ser enfatizado, sobretudo pela busca de soluções de natureza biodegradável dos materiais e produtos. Outra característica que deverá ser enfatizada na biotecnologia de materiais têxteis é o biomimetismo, para reproduzir ou imitar fenômenos naturais e a eficiência de seus mecanismos de sobrevivência em processos de manufatura.

A experimentação com esses desenvolvimentos atuais é básica para o desenvolvimento de competências industriais no caminho para a Confecção 4.0. O desenvolvimento de fibras que preservem suas características morfológicas e propriedades mecânicas – como superfície específica alta, resistência, durabilidade, elasticidade e flexibilidade – para o uso habitual em roupas e que adquiram propriedades elétricas e eletrônicas para atuarem como sensores e atuadores na comunicação e computação é, portanto, uma tendência que deverá ser perseguida nos próximos anos.

Enquanto os produtos de confecção, sobretudo do vestuário, preservarem os conceitos estéticos e funcionais tradicionais, as fibras têxteis aglomeradas em fios, e estes em tecidos, continuarão a oferecer estruturas de grande conforto e perfeitamente adequadas ao uso humano. No futuro, no entanto, podemos inferir que o desenvolvimento de novas estruturas capazes de assumir formas dinâmicas que se ajustem em tempo real aos movimentos, vão impulsionar o desenvolvimento de novos materiais e compósitos depositados em escalas atômicas por meio de impressoras 3D capazes de integrar intimamente todas as propriedades necessárias aos têxteis inteligentes.

A narrativa de aprendizagem para as Novas Fibras consiste na criação de uma história compartilhada entre empresas, instituições públicas e sociedade que permita ao sistema industrial têxtil e de confecção brasileiro enfatizar um ponto de partida capaz de guiá-lo pela transição para o futuro.

Na Figura 17, parte-se, no estágio 1, da ênfase em novas fibras com propriedades biológicas, físicas e químicas que contribuam eficazmente para a produção de têxteis inteligentes e eletrônicos vestíveis.

A transição para o estágio 2 ocorrerá pela incorporação de C&T necessária e suficiente para o desenvolvimento de atributos e de propriedades das novas fibras que lhes permitam assumir funções e atuar como dispositivos biofísicos e bioquímicos eliminando a solução de continuidade entre as estruturas têxteis e os dispositivos e produtos necessários na fase anterior.

Finalmente, para que em 2030 novas estruturas, não necessariamente fibrosas, baseadas na manufatura molecular em nível atômico possam ser desenvolvidas, a transição para o estágio 3 deverá se concentrar no desenvolvimento de capacidades de produção de estruturas vestíveis e inteligentes em impressoras 4D, ou seja, produção compactada de roupas e superfícies moldáveis ao uso cuja forma adéque-se aos movimentos e a outras exigências funcionais no tempo.

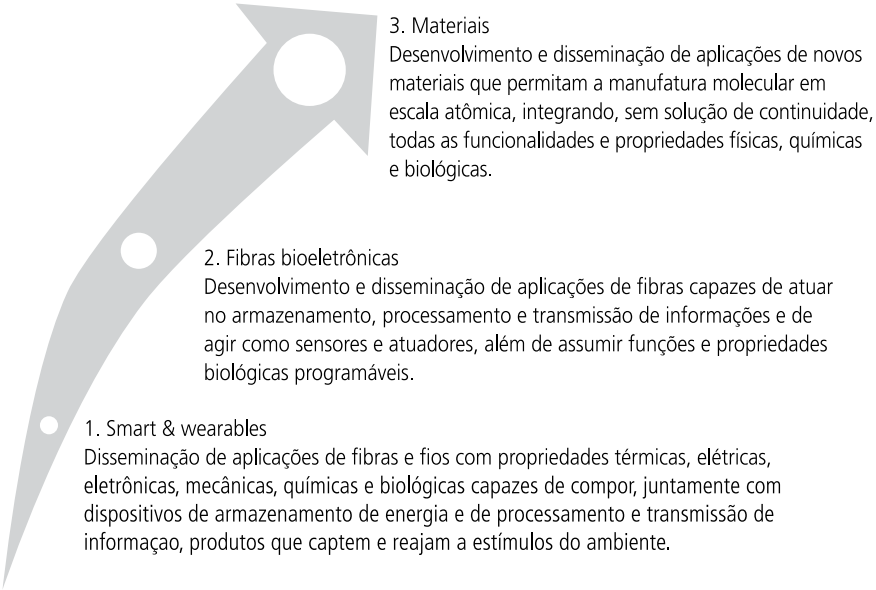

Figura 17. Narrativa de Novas Fibras. Figura elaborada pelo autor.

8.4. Novos canais

Trabalhos de consultoria (THAU, 2015; KESTELOO; HODSON, 2015; PWC, 2012; VEND, 2015) identificaram as principais mudanças no comportamento do consumidor que dirigirão o desenvolvimento de novos canais de consumo. As novas gerações formaram um grupo mais heterogêneo e mais diversificado em sua maneira de comprar, representando um desafio para as formas tradicionais de comercialização do varejo. Também a expansão do multiculturalismo traz exigências de adaptação aos novos gostos, interesses e hábitos de compra. A proposição de valor que orienta as compras está em mudança, adquirindo perfis mais responsáveis e comprometidos com a noção de cidadania. Esses aspectos reforçam a mudança de orientação que abandonará paulatinamente o enfoque nas grandes massas para assumir segmentações em grupos cada vez menores de consumidores, com a hibridização dos mundos físico e digital.

Satisfação instantânea, individualização das mercadorias e compartilhamento de produtos são algumas das mudanças comportamentais que deverão se intensificar. Consumidores atuarão sempre mais interconecta-

dos, porém com maior controle sobre suas conexões. O *status* social revelará mais sobre com quem uma pessoa está conectada e sobre quem quer se conectar com ela. Ter acesso virtualmente ilimitado cria a possibilidade ilimitada de acesso ao que de melhor está disponível: nichos, experiências e serviços exclusivos aos gostos, interesses e aspirações de momento.

As redes sociais digitais atuarão, cada dia mais, como plataformas de compra. Atualmente, as redes sociais da Internet são usadas como meios de comunicação de marcas com seus consumidores, mas em pouco tempo a opção de compra, já testada por algumas poucas empresas, poderá se difundir entre as ações possíveis disponíveis para os usuários das redes. A transição entre as plataformas de rede e de *e-commerce* ocorrerá de forma contínua e integrada, alterando profundamente as experiências virtuais de consumo com os produtos e serviços. Experiência de consumo é a sensação que ocorre quando uma pessoa se conecta física, emocional, intelectual ou espiritualmente em uma relação comercial intencional com um produto ou serviço, como definiram Kim et alii (2014), baseados em Pine e Gilmore (1999).

A agilização dos processos de compra por meio de *smartphones* e de sistemas de ponto de venda em nuvem é outra tendência que deverá se intensificar nos próximos anos, extinguindo aos poucos o uso de máquinas registradoras. *Smartphones* e *tablets* e seus descendentes tecnológicos desempenharão papéis significativos nas experiências de consumo a partir de programas de fidelidade e da substituição dos cartões bancários, acumulando pontos e prêmios e permitindo seu uso contínuo a partir de uma mesma base monetária. O número de consumidores portando dinheiro móvel crescerá com as soluções que têm sido oferecidas por empresas como Google, Softcard e Apple.

O uso intensivo de tecnologias Realidade Aumentada e de *wearables* deverá propiciar experiências novas com os consumidores, que poderão ser exploradas pelos varejistas, como já sugerem os espelhos 3D e os aplicativos para celulares que ampliam as experiências de consumo no varejo.

Para promover experiências customizadas, os varejistas deverão intensificar o uso de *Big Data* para conhecer detalhes personalizados de seus consumidores. O uso e disseminação de dados pessoais e as transações comerciais e bancárias pela nuvem implicarão em desenvolvimentos de gestão de risco e de segurança da informação. Além de novas experiências, os consumidores também estarão interessados em conhecer formas seguras de

compras. Tecnologias desenvolvidas em *smartphones* já oferecem alternativas que evitam o fluxo de informações sobre cartões de débito e de crédito.

Para oferecer novas experiências inteligentes, os varejistas deverão desenvolver a capacidade de controlar todos os processos de manufatura, comercialização e distribuição de seus produtos, adquirindo a capacidade de coordenar integralmente sua cadeia de valor, com ênfase na rapidez e na conveniência com que produtos e serviços chegam aos clientes. Confiança e credibilidade exigem que aspectos socioambientais sejam precisamente acompanhados.

Em oposição às tendências de *e-commerce*, a instalação de lojas físicas por empresas que antes realizavam apenas vendas *online* sugerem hibridismo e complementaridade entre experiências *online* e *offline*. Conceitualmente, as novas lojas físicas enfatizam ainda mais a hibridização entre produtos e serviços, alterando a noção de localização para a de destinação. Abandonando princípios de ocupação de grandes áreas, aumentarão as iniciativas de disseminação de pequenas lojas em locais que não apenas vendem mercadorias específicas, mas também adéquam seus formatos às comunidades que atendem. As mudanças nas próximas décadas deverão adequar-se às necessidades de rapidamente abrir e ajustar lojas à volatilidade dos comportamentos de consumo, assumindo formatos de natureza móvel e efêmera, como lojas *pop-ups*, varejo sobre rodas e *flash websites*.

A evolução das estratégias multicanais para *omnichannels* se consolidará com as novas tecnologias e hábitos de consumo baseados na exploração de novas experiências, integrando recursos *online* e físicos dos varejistas com todas as mídias e em todos os pontos de contato dos mundos real e virtual em que tramitam as relações socioculturais dos consumidores, em tempo real. Estratégias *omnichannels* integrarão cada vez mais a informação de compra e a aquisição física com soluções novas e ágeis indistinguíveis pelo cliente que passará a exigir o mesmo serviço, produto, ofertas e preços independentemente de estar em um ambiente físico ou digital. Mais do que estar presente em todos os canais – lojas físicas, lojas *online*, aplicativos –, a organização deverá proporcionar ao cliente experiências que lhe permitam mudar de canal de forma híbrida entre compras ou mesmo dentro do mesmo processo de compra, preservando o que é relevante, como a variedade, o preço, a rapidez, a qualidade do atendimento e qualquer outro fator que interfira na decisão e na satisfação da compra.

A hibridização entre produção e serviços alterará as relações e as transações entre produtores e compradores. Novas formas de intercomunicação, ainda não conhecidas ou sequer imaginadas, entre o consumidor final e os produtos surgirão. Esta tendência se acentuará pela disseminação de sistemas ciberfísicos e pela integração do consumidor com os sistemas de produção, enfraquecendo ainda mais os modelos tradicionais de varejo que existem atualmente.

No futuro, portanto, podemos inferir que os novos canais assumirão uma estrutura sem solução de continuidade entre todas as formas de comunicação e de interação física do consumidor com produtos e serviços, assumindo as mesmas características e propriedades que são encontradas nas tendências de virtualização da produção.

Da mesma forma que nos casos anteriores, a narrativa de aprendizagem para o desenvolvimento dos Novos Canais na indústria têxtil e de confecção brasileira consiste na criação de uma história compartilhada que parta do impulso ao emprego sistemático intenso e extenso de novas tecnologias de comunicação e de informação em toda a rede de valor de produtos e serviços. A narrativa poderá partir de um estágio inicial de experiência de consumo para atingir o estado de experiência inteligente, passando pela transição e pela experiência global. Com base no trabalho de Kim et alii (2014), formulamos os três estágios em forma de narrativa na Figura 18. Cada estágio representa um grau de experiência que deverá ser propiciada pelos novos canais de consumo, independentemente de quais serão esses canais. ✪

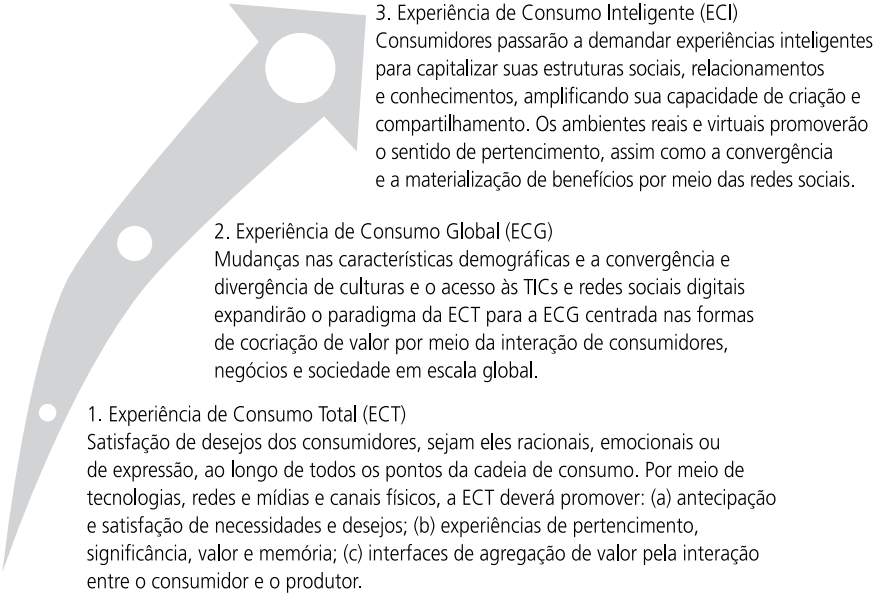

Figura 18. Narrativa de Novos Canais. Figura elaborada pelo autor.

CONCLUSÃO

Tradicionalmente identificada como indústria de baixa intensidade tecnológica, a indústria têxtil e de confecção poderá dar um grande salto qualitativo em direção às categorias de maior emprego de ciência e tecnologia se for capaz de disseminar sistemas ciberfísicos, Internet das Coisas, Internet dos Serviços e automação modular em sua manufatura. Favorecido pelos limites dos modelos de competitividade baseada nas vantagens do trabalho de baixo custo, este gradual, mas inexorável aumento nas aplicações de ciência e tecnologia em toda a cadeia de valor dos produtos têxteis e confeccionados, poderá provocar redução significativa das dificuldades atualmente encontradas no Brasil, como aquelas associadas à atração de talentos, tanto nas atividades que exigem alta qualificação quanto nas operações mais simples. Além disso, a intensificação do emprego de novas tecnologias de materiais, produtos, processos, comunicação, informação e gestão, juntamente com a evolução da tendência de hibridização de produtos e serviços, deverão provocar mudanças estruturais, criando oportunidades para o surgimento de novos perfis empresariais.

A intensidade do uso de novas tecnologias produtivas e a criação de interfaces entre os consumidores e os sistemas de produção deverão estimular o desenvolvimento de novos modelos de negócios. Profissionais autônomos, micro, pequenas, médias e grandes empresas, consultorias e instituições de formação técnica e científica atuarão de forma integrada competindo e cooperando para a agregação de valor em tempos sempre menores. Pequenas empresas que hoje se veem limitadas pelo grande varejo em seus canais de distribuição poderão explorar seus próprios canais de acesso direto às novas formas de consumo e aos novos perfis de consumidores que o aumento de tecnologia atrairá. A renovação da estrutura industrial deverá ser fomentada, tanto em bases locais quanto regionais, pela adoção desses novos conceitos de produção e consumo.

Nas narrativas de um futuro possível e desejável descritas neste trabalho, minifábricas automatizadas, modulares, móveis e sustentáveis serão acopladas a sistemas de virtualização da criação e da produção, promovendo profunda reconfiguração da estrutura industrial. A diversidade de produtos com tecnologias vestíveis, emprego de biotecnologias e de novos materiais ampliarão a demanda por produtos têxteis inteligentes e funcionais, aumentando exponencialmente a diversidade e a intensidade tecnológica de fios, tecidos, aviamentos e produtos auxiliares exigidos para atender novas necessidades de consumo. Os efeitos a montante da disseminação de fábricas de confecção com princípios da Indústria 4.0 também poderão impulsionar a elevação qualitativa da indústria têxtil e o seu desenvolvimento científico e tecnológico para a substituição progressiva das importações de fios e tecidos inteligentes, tendo em vista que, inicialmente, a demanda por novas tecnologias de produtos têxteis deverá ser suprida, em grande parte, pelo mercado global.

Essas são as visões que guiarão as ações estratégicas da Indústria Têxtil e de Confecção Brasileira até 2030. O CSITCB atuará periodicamente para garantir as fundações de uma nova indústria, orientado por uma filosofia colaborativa e participativa, inclusiva de todos os atores envolvidos e comprometidos com o desenvolvimento da indústria têxtil e de confecção brasileira em busca de um novo patamar na manufatura global. ✪

REFERÊNCIAS

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. *Panorama setorial têxtil e confecção*. Série Cadernos da Indústria ABDI, v. V. Brasília, 2008.

ABIT – ASSOCIAÇÃO BRASIELRIA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. Superintendência de Políticas Industriais e Econômicas da ABIT. Gráficos de evolução da produção, produtividade e salários nas indústrias têxtil e de vestuário. 2016.

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. *Estudo prospectivo setorial têxtil e confecção*. Série Cadernos da Indústria ABDI, v. XVIII. Brasília, 2010.

ANDERSON, C. The Long Tail. *Wired*, October 2004.

ANDERSON, C. *The long tail*. 1st. ed. New York: Hyperion, 2006.

AVRAAMIDOU, L.; OSBORNE, J. The role of narrative in communicating Science. *International Journal of Science Education*, v. 31, n. 12, p. 1683-1707, 2009.

AYTEMIZ, D.; ASAKURA, T. Application of Bombyx mori Silk Fibroin as a Biomaterial for Vascular Grafts. In: *Biotechnology of Silk*. Volume 5 of the series Biologically-Inspired Systems p. 69-85, 20 Sept. 2013.

AZMEH, S.; NADVI, K. Asian firms and the restructuring of global value chains. *International Business Review*, v. 23, p. 708-717, 2014.

BATCHELOR, B. G. *Machine Vision for industrial applications*. In: Machine Vision Handbook, p. 1-59. London: Springer-Verlag, 2012.

BAUMERS, M. *Economic aspects of additive manufacturing*: benefits, costs and energy consumption. Loughborough University. [S.l.]. 2012.

BERGAMASCO, M.; SALSEDO, F.; FONTANA, M.; TARRI, F.; AVIZZANO, C. A.; FRISOLI, V.; RUFFALDI, E.; MARCHESCHI, S. High per-

formance haptic device for force rendering in textile exploration. *The Visual Computer*, v. 23, n. 4, p. 247-256. April 2007. First online: 02 March 2007.

BERGLIN, L. *Smart Textiles and wearable technology*: a study of smart textiles in fashion and clothing. A report within the Baltic Fashion Project, published by the Swedish School of Textiles, University of Borås, 2013.

BOOK, W.; WINCK, R.; KILLPACK, M.; HUGGINS, J.; DICKERSON, S.; JAYARAMAN, S.; COLLIN, T.; PRADO, R. Automated garment manufacturing system using novel sensing and actuation. *Proceedings of 2010 ISFA*. 2010 International Symposium on Flexible Automation. Tokyo, Japan, Jul. 12-14, 2010.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Departamento de Emprego e Salário. Coordenação-Geral de Estatísticas do Trabalho. *Relação Anual de Informações Sociais*. RAIS/RAISESTEB: competência 2012. Brasília, DF, 2013.

BRECHER, C. (ed.). *Advances in production technology*. RWTH Aachen. Springer Cham Heidelberg, New York; Dordrecht, London, 2015.

BERGLIN, L. *Smart textiles and wearable technology: a study of smart textiles in fashion and clothing*. A report within the Baltic Fashion Project, published by the Swedish School of Textiles, University of Borås. 2013.

BERNARDON, E.; KONDOLEON, T. Real time robotic control for apparel manufacturing. *Proc. Robots*, v. 1, n. 9, p. 4-46-4-66, 1985.

BRUNO, F. S. *Do mercado interno à globalização*: governo, instituições e empresários, planejando o futuro do setor. In: SENAI CETIQT. Globalização da economia têxtil e de confecção brasileira: empresários, governo e academia unidos pelo futuro do setor. Série Desafios para a competitividade: cadeia têxtil. 2007.

BRUNO, F. S.; VALLE, R. A. B. Hindrances to sustainability-oriented differentiation strategies in the Brazilian textile and apparel industry. *Journal of Textile and Apparel Technology and Management*, v. 9, n. 1, fev. 2014.

BRYSON, J.; CLARK, J.; MULHALL, R. *British manufacturing: where is manufacturing tied locally and how might this change?* Future of Manufacturing Project, 2013, Evidence Paper n. 3. Foresight. The Government Office for Science, London, out. 2013.

CATTANEO, O.; GEREFFI, G.; STARITZ, C. (ed.). *Global value chains in a postcrisis world*: a development perspective. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. 2010.

CEDEFOP. *Jobs in Europe to become more knowledge – and skills – intensive*. ISSN 1831-2411. Briefing Note. Fev., 2010. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCUQFjABahUKEwiRsfn74XJAhUExpAKHfNIDYY&url=http%3A%2F%2Fwww.cedefop.europa.eu%2Ffiles%2F9021_en.pdf&usg=AFQjCNEJiIP-1wnR2deyjACjMR1YyFMtRg>. Acesso em: 10/11/2015.

CHEN, Q.; FAN, J.; SUN, C. The comfort evaluation of weft knitted plant structured fabrics and garment. I. Objective evaluation of weft knitted plant structured fabrics. *Fibers and Polymers*, v. 16, n. 8, p. 1788-1795, August 2015.

CHEON, M-S.; HAN, J.; YU, P. S. Data Mining: an overview from a database perspective. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, v. 8, n. 6, Dec. 1996.

CHI, T. Business contingency, strategy formation, and firm performance: an empirical study of Chinese apparel SMEs. *Administrative Sciences*, v. 5, p. 27-45, 2015.

CIARNIENE, R.; VIENAZINDIENE, M. Agility and responsiveness managing fashion supply chain. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, v. 150, p. 1012-1019, 2014.

COASE, R. H. The nature of the firm. *Economica*, v. 4, p. 386-405, 1937.

CONE COMMUNICATIONS; ECHO RESEARCH. *Global CSR study*. Boston: Cone Communications, 2013. Disponível em: <http://www.conecomm.com/2013-global-csr-study-report>. Acesso em: 30/10/2015.

CONTINUUM. *N12*. 2015a. Disponível em: <http://www.continuumfashion.com/N12.php>. Acesso em: 18/11/2015.

CONTINUUM. *CONSTRVCT*. 2015b. Disponível em: <http://www.continuumfashion.com/constrvct.php>. Acesso em: 18/11/2015.

CROWSOURCING – Definition and More. *Merriam-Webster*, n.d., 11/03/2016.

DEUTSCHE BANK. Deutsche Bank Research. *Industry 4.0*: upgrading of Germany,s industrial capabilities on the horizon. 23 abr. 2014. Disponí-

vel em: <http://www.i40.de/wp/wp-content/uploads/2015/04/Industry-4_0-Upgrading-of-Germany%E2%80%99s-industrial-capabilities-on-the-horizon.pdf>. Acesso em: 21/10/2015.

CSIKSZENTMIHALYI, M. *A systems perspective on creativity*. In: Sternberg, R. (ed.). Handbook of creativity. Cambridge University Press, p. 313-335, 1999.

DAS, S.; BHOWMICK, M.; CHATTOPADHYAY, S. K.; BASAK, S. Application of biomimicry in textiles. *Current Science*, v. 109, n. 5, 5 set. 2015.

DAHLSTROM, M. F. Using narratives and storytelling to communicate science with nonexpert audiences. *PNAS*, v. 111, suppl. 4, 16 set. 2014.

D'APUZZO, N. 3D body scanning technologies with applications to the fashion and apparel industry. *Fashion2Fiber*. In: BERALDIN, J.; REMONDINO, F.; SHORTIS, M. R. (eds.). Videometrics IX, *Proc. of SPIE -IS&T Electronic Imaging*, SPIE, v. 6491, San Jose (CA), USA, 2007. Disponível em: <http://www.hometrica.ch/publ/2007_videometrics.pdf>. Acesso em: 15/11/2015.

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, London, out. 2013.

DISTLER, J.; FERNÁNDEZ-SEARA, J.; GOTTSTEIN, H.; HAEMMERLE, V.; RASCH, S.; ROHRHOFER, S. *Apparel at crossroads*: the end of low cost country sourcing. The Boston Consulting Group. Nov. 2014.

DRATH, R.; HORCH, A. Industrie 4.0: Hit or Hype? [Industry Forum]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, v. 8, n. 2,p. 56–58, 2014.

DUGENSKE, A.; LOUCHEZ, A. The factory of the future will be shaped by the Internet of things. *Manufaturing Net*, 19 Aug. 2014. Disponível em: <http://www.manufacturing.net/articles/2014/08/the-factory-of-the-future-will-be-shaped-by-the-internet-of-things>. Acesso em: 19/10/2015.

EADIE, L.; GHOSH, T. K. Biomimicry in textiles: past, present and potential. An overview. *J. R. Soc. Interface*, v. 8, p. 761-775, 2011.

EDBERG, B.; NILSSORI, N. Computerized clothing manufacturing: a means for survival, *Proc. Annual World Conf. of The Textile Institute*, 1985.

ELECTROLOOM. Disponível em: <http://www.electroloom.com/>. Acesso em: 18/11/2015.

ELOOT, K.; HUANG, A.; LEHNICH. *A new era for manufacturing in China*. McKinsey Quarterly, Junho 2013. Disponível em: <http://www.mckinsey.com/insights/manufacturing/a_new_era_for_manufacturing_in_china>. Acesso em: 15/10/2015.

EULER HERMES ECONOMIC RESEARCH DEPARTMENT. *Reindustrilization of the United States*. Special Report. Economic Outlook n. 1187, 25 jan. 2013. Disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=-t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBwQFjAAahUKEwjA5OaYmsXIAhVHvJAKHfpmAjs&url=http%3A%2F%2Fwww.eulerhermes.us%2Feconomic-research%2Feconomic-publications%2FDocuments%2Feconomic_outlook_1187.pdf&usg=AFQjCNE4KwdJPQcG-WgI_EbeqJjUTR6_Pw&bvm=bv.105039540,d.Y2I&cad=rja>. Acesso em: 15/10/2015.

EURATEX – EUROPEAN APPAREL AND TEXTILE CONFEDERATION. European technology platform for the future of textiles and clothing: a vison for 2020. *Bruxelas, s. n., p. 11, 2004.*

EURATEX – European Apparel and Textile Confederation. *Annual report 2014*. Bruxelas. 2014.

EUROPEAN SECTOR SKILLS COUNCIL TEXTILE CLOTHING LEATHER FOOTWEAR. Report 2014. Disponível em: <http://europeanskillscouncil.t-c-l.eu/pdoc/22-eng/2014_report_F.pdf>. Acesso em: 10/11/2015.

FASHIONLAB. *4D Printing Is the Next Big Thing - FashionLab*. July 4, 2014. Disponível em: <http://fashionlab.3ds.com/4d-printing-is-the-next-big-thing/>. Acesso em: 26/11/2015.

FLETCHER, A. *Learning Curve Diagram:* Steep and Shallow, Same Functionality.jpg. WIKIPEDIA. 2013. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Learning_Curve_Diagram_--_Steep_and_Shallow,_Same_Functionality.jpg#file>. Acesso em: 01/12/2015.

FLYNN, M.; MYERSON, J.; GHEERAWO, R.; RAMSTER, G. *What are the supply (workforce) and demand (product) implications of an ageing society?* Foresight, Government Office for Science. Future of Manufacturing Project: Evidence Paper 22, Outubro, 2012.

FONTANA, M.; RIZZIB, C.; CUGINIC, U. 3D virtual apparel design for industrial applications. *Computer-Aided Design*, v. 37, n. 6, p. 609-622, May 2005.

FORESIGHT. *The Future of Manufacturing*: a new era of opportunity and challenge for the UK. Summary Report. The Government Office for Science, London, 2013.

FRANCESKO, A.; GONZÁLEZ, M. D.; LOZANO, G. R.; TZANOV T. Developments in the processing of chitin, chitosan and bacterial cellulose for textile and other applications. *Advances in Textile Biotechnology*, p. 288-311, 2010.

GEORGIA TECH. *Georgia tech receives $2 Million grant from Walmart and The Walmart Foundation*: funding will underwrite Georgia Tech's "CRAFTed with Pride in the USA," initiative. Atlanta, GA. Posted August 14, 2014. Disponível em: <http://www.news.gatech.edu/2014/08/14/georgia-tech-receives-2-million-grant-walmart-and-walmart-foundation>. Acesso em: 19/10/2015.

GEREFFI, G. International trade and industrial upgrade in the apparel commodity chain *Journal of International Economics*, v. 48, 1999.

GEREFFI, G. *The new offshoring of jobs and global development*. International Labour Organization (International Institute for Labour Studies), 2006.

GEREFFI, G.; MEMEDOVIC, O. *The global apparel value chain*: what prospects for upgrading by developing countries? Vienna: United Nations Industrial Development Organization. 2003.

GERMAN RESEARCH CENTER FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE. N.i. 2011.

GERSHON, D. Vision servo control of a robotic sewing system. *Proceedings. IEEE International Conference on Robotics and Automation*, v. 3, p.1830-1835, 1988.

GERSHON, D. The application of robotics to the assembly of flexible parts by sewing*, 1987.*

GERSHON, D.; PORAT, I. Robotic sewing using multi-sensory feedback, *Proc. 16th ISIR*, p. 823-834, 1986.

GIBSON, I.; ROSEN, D. W.; STUCKER, B. *Additive manufacturing technologies*: rapid prototyping to direct digital manufacturing. New York: Springer, 2010.

GOLNABIA, H.; ASADPOURB, A. Design and application of industrial machine vision systems. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 23, p. 630-637, 2007.

GOMES, A. P.; MANO, J. F. ; QUEIROZ, J. A.; GOUVEIA, I. C. Layer-by -layer deposition of antibacterial polyelectrolytes on cotton fibres. *Journal of Polymers and the Environment*, v. 20, n. 4, p. 1084-1094, December 2012.

HAJRIZI, E.. Smart solution for Smart Factory. *IFAC-PapersOnLine*, p.49-29, 2016.

HAN, J. T.; CHOI, S.; JANG, J. I.; SEOL, S. K.; WOO, J. S.; JEONG, S. Y.; JEONG, H. J.; BAEG, K-J.; LEE, G-W. Rearrangement of 1d conducting nanomaterials towards highly electrically conducting nanocomposite fibres for electronic textiles. *Sci. Rep*. 5, 9300; 2015.

HAMMOND, R.; AMEZQUITA, T.; BRAS, B.A. Issues in the automotive parts remanufacturing industry: discussion of results from surveys performed among remanufacturers. *International Journal of Engineering Design and Automation – Special Issue on Environmentally Conscious Design and Manufacturing*, v. 4, n. 1, p. 27-46, 1998.

HAUSMANN, R.; HIDALGO, C. et al.. *The Atlas of Economic Complexity*. Puritan Press, Hollis New Hampshire, 2011.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios: a literature review. *Working Paper* n. 01/2015. Technische Universität Dortmund. Fakultät Maschinenbau. Audi Stiftungslehrstuhl Supply Net Order Management. 2015.

HILL, S. *Body Labs Wants to Create Your Virtual Doppelganger, and Bring It to Life*. Digital Trends. December 7, 2014. Disponível em: <http://www.digitaltrends.com/photography/body-labs-wants-create-virtual-doppleganger/>. Acesso em: 27/11/2015.

HUANG, R.; KIM, H. J.; KIM, J. Social capital in QQ China: impacts on virtual engagement of information seeking, interaction sharing, knowledge creating, and purchasing intention. *Journal of Marketing Management*, v. 29, n. 3-4, p. 292-316, 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Indústria. Pesquisa Industrial Mensal. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, 2016.

IEMI – INSTITUTO DE ESTUDOS E MARKETING INDUSTRIAL. Relatório setorial da indústria têxtil brasileira. São Paulo: IEMI, v. 13, n. 13, 2013.

ISTOOK, C. L.; NEWCOMB, E. A.; LIM, H. *Three-dimensional (3D) technologies for apparel and textile design*. In: Computer Technology for Textiles and Apparel. Woodhead Publishing Series in Textiles, p. 296-325, 2011.

JAFFE, A. B. Economic analysis of research spillovers implications for the advanced technology program. Prepared for the Advanced Technology Program December 1996. Disponível em: <http://www.atp.nist.gov/eao/gcr708.htm#II.A.1>. Acesso em: 07/03/2016.

JONES, E.; STANTON, N. A.; HARRISON, D. Applying structured methods to ecoinnovation: an evaluation of the Product Ideas Tree diagram. Design Studies, v. 22, n. 6, p. 519-542, nov. 2001.

JUST in time (n.d.). In Cambridge Dictionaries Online. 2015. Disponível em: <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/just-in-time>. Acesso em: 22/10/2015.

KAGERMANN, H.; LUKAS, W.; WAHLSTER, W. *Industrie 4.0*: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. VDI nachrichten, 13, 2011.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. (eds.). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. National Academy of Science and Engineering. Abril 2013.

KAPLINSKY, R. Globalisation and unequalisation: what can be learned from value chain analysis? *Journal of of Development Studies,* 2000, v. 37.

KIM, H. J.; AHN, S-K; FORNEY, J. Shifting paradigms for fashion: from total to global to smart consumer experience. *Fashion and Textiles*, p. 1-15, 2014.

KREUTZER, U. The end of defects. *Pictures of the Future*. SIEMENS, Outubro, 2014. Disponível em: http://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/industry-and-automation/digital-factories-defects-a-vanishing-species.html. Acesso em: 15/10/2015.

LEVI STRAUSS & Co. *Fashion futures 2025*: global scenarios for a sustainable fashion industry. Forum for the future: action for a sustainable world. Fev. 2010. Disponível em: <https://www.forumforthefuture.org/sites/default/files/images/Forum/Projects/Fashion-Futures/FashionFutures_2025_FINAL_SML.pdf>. Acesso em: 28/10/2015.

LEWIN, K. Forces behind food habits and methods of change. *Bulletin of the National Research Council.* v. 108; p. 35-65, 1943.

LIU, H.; SUN, L. Beyond the phaseout of cotas in the textile and clothing trade: wto-plus rules and the case of us safeguards against chinese exports in 2003. *Asia-Pacific Development Journal.* v. 11, n. 1, Jun. 2004.

LONGO, W. P.; KRAHE, P. R.; MARINHO, V. M. C. Incentivos governamentais não fiscais: estratégia para fomentar a inovação tecnológica. 2 ed. Cadernos de Tecnologia. Rio de Janeiro: IEL/RJ, 2004.

LOUIS-ROSEMBERG, J. *Kinematics*. Nervous System Blog, 26/11/2013. Disponível em: <http://n-e-r-v-o-u-s.com/blog/?p=4467g>. Acesso em: 26/11/2015.

LU, S. China takes all? An empirical study on the impacts of quota elimination on world clothing trade from 2000 to 2009. *Journal of Fashion Marketing and Management*, v. 16, n. 3, p. 306-326, 2012.

LUO, J.; FAN, M.; ZHANG, H. Information technology and organizational capabilities: a longitudinal study of the apparel industry. *Decision Support Systems*, v. 53, p. 186-194, 2012.

MCCANN, J.; BRYSON, D. (eds.). *Smart clothes and wearable technology*. Woodhead Publishing. February 2009.

MAGNENAT-THALMANN, N.; VOLINO, P.; BONANNI, U.; SUMMERS, I. R.; BERGAMASCO, M.; SALSEDO, F.; F.-E. WOLTER. *From physics -based simulation to the touching of textiles*: The HAPTEX Project. *The International Journal of Virtual Reality*, v. 6, n. 3, p. 35-44, 2007.

MANYIKA, J.; SINCLAIR, J.; DOBBS, R.; STRUBE, G.; RASSEY, L.; MISCHKE, J.; REMES, J.; ROXBURGH, C.; GEORGE, K.; O'HALLORAN, D.; RAMASWAMY, S. *Manufacturing the future:* the next era of global growth and innovation. McKINSEY GLOBAL INSTITUTE. Novembro 2012. Disponível em: <http://www.mckinsey.com/insights/manufacturing/the_future_of_manufacturing>. Acesso em: 18/11/2015.

MEUSBURGER, P. *Milieus of creativity*: the role of places, environments, and spatial contexts. Capítulo 6. In: MEUSBUGER, P. et al. Milieus of creativity: an interdisciplinary approach to spatiality of creativity. Dordrecht, Holanda: Springer, 2009.

MARTIN, W.; MANOLE V. China's Emergence as the workshop of the world. *Stanford Center for International Development,* 2004, Working Paper n. 216. Disponível em: <https://siepr.stanford.edu/publications-profile/1215>. Acesso em: 14/9/2015.

MATERIALISE. *New York Fashion Week, Materialised*. Disponível em: <http://www.materialise.com/cases/new-york-fashion-week-materialised>. Acesso em: 18/11/2015.

MCCURRY, J. W. Demand-based manufacturing prepares for commercial roll-out. *California Apparel News*. Monday, July 7, 2014. Disponível em: <https://www.apparelnews.net/news/2014/jul/07/demand-based-manufacturing-prepares-commercial-rol/>. Acesso em: 18/11/2015.

MOHAJERI, B.; NYBERG, T.; KARJALAINEN, J.; TUKIAINEN, T.; NELSON, M.; SHANG, X.; XIONG G. The impact of social manufacturing on the value chain model in the apparel industry. Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI), 2014 *IEEE International Conference on*. 8-10 Oct. 2014, p. 378-381, 2014.

MOHAJERI, B. *Paradigm shift from current manufaturing to social manufacturing*. Master Thesis. Department of Industrial Engineering and Management. Aalto University School of Science. 4 jul. 2015.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. *Sensor applications*: industry and commerce. A special report. Disponível em: <http://www.nsf.gov/news/special_reports/sensor/industry.jsp>. Acesso em: 12/05/2016.

NEAL, M. *Automated mini-factories will bring back custom-fit clothes.* August 1, 2014. Disponível em: <http://motherboard.vice.com/read/automated-mini-factories-will-bring-back-custom-fit-clothes>. Acesso em: 18/11/2015.

NERVOUS SYSTEM. Kinematic Petals Dress. Video, 2017. Disponível em <http://n-e-r-v-o-u-s.com/projects/albums/kinematic-petals-dress/content/kinematic-petals-dress-15/. Acesso em 10/03/2017.

NICHIFOR, M.; CONSTANTIN, M.; MOCANU, G.; FUNDUEANU, G.; BRANISTEANU, D.; COSTULEANU, M.; RADU, C. D. New multi-

functional textile biomaterials for the treatment of leg venous insufficiency. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, v. 20, n. 4, p. 975-982, April 2009.

NICOLESCU, B. Methodology of transdisciplinarity: levels of reality, logic of the included middle and complexity. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, v. 1, n. 1, p. 19-38, dez. 2010.

NIKOLAUS, K. Self-organizing factories. SIEMENS. *Pictures of the Future*, 1 out. 2014. Disponível em: <http://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/industry-and-automation/digtial-factory-trends-industry-4-0.html>. Acesso em: 21/10/2015.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. *The knowledge creating company*: how Japanese companies create the dynamics of innovation. New York: Oxford University Press, p. 284, 1995.

NONAKA, I. The knowledge creating company. *Harvard Business Review*, 1991, 69 (6 Nov-Dec), p. 96-104.

NSF-NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. Sensor applications: industry and commerce. 2016. A special report. Disponível em: <http://www.nsf.gov/news/special_reports/sensor/industry.jsp>. Acesso em: 12/05/2016.

NSF – NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. *Internet of things*. 2015a. Disponível em: <http://www.nsf.gov/eng/iip/sbir/topics/IoT.jsp>. Acesso em: 19/10/2015.

NSF – NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. *Cyber-physical systems*. 2015b. Disponível em: <https://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=503286>. Acesso em :19/10/2015.

NSF – NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. *Advanced Manufacturing*. 2015c. Disponível em: <http://www.nsf.gov/eng/iip/sbir/topics/MN.jsp>. Acesso em: 19/10/2015.

NSF – NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. SBIR/STTR technology topic areas. 2015d. Disponível em: <http://www.nsf.gov/eng/iip/sbir/topics.jsp>. Acesso em: 21/10/2015.

NSF – NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. Biomaterials. 2015e. Disponível em: <http://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=13699>. Acesso em: 11/11/2015.

NSTC - NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL. Subcommittee for Advanced Manufacturing. *A snapshot of priority technology areas across the federal government. Published by the Office of Science and Technology Policy*. USA. 2016

*NORDÅS, H. K. T*he Global Textile and Clothing Industry post the Agreement on Textiles and Clothing. *Discussion paper n. 5. World Trade Organization. 2004.*

OGAWA, S. Japan's automated sewing system: a national research and design project, *Bobbin*, v. 25, n. 6, p. 82-102, 1984.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Special Issue on Fostering High-tech Spin-offs: a public strategy for innovation. Ed.: OECD Publishing. *STI Review*, v. 1, n. 1, 2001.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *A new world map in textile and clothing*. Policy Briefing. Outubro, 2004.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Economic Analysis and Statistics Division. *Technology intensity definition*. ISIC Rev. 3. Directorate for Science, Technology and Industry, 7 July, 2011.

OWANO, Nancy. *DARPA issues robot challenge to clothing imports*. Phis. Org. June 10, 2012. Disponível em: <http://phys.org/news/2012-06-darpa-issues-robot-imports.html#jCp>. Acesso em: 19/10/2015.

PAYNE, A. Open- and closed-loop recycling of textile and apparel products. *Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing*, p. 103-123, 2015.

PEASE, A. F. Scenario 2030: riding to reality. SIEMENS. *Pictures of the Future*. Out. 2014. Disponível em: <https://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/industry-and-automation/digital-factories-riding-to-reality.html>. Acesso em: 29/10/2015.

PINE, B. J.; GILMORE, J. H. *The economy experience*. Cambridge, MA: The Harvard Business School Press, 1999. Apud KIM et al. Shifting paradigms for fashion: from total to global to smart consumer experience. *Fashion and Textiles*, p. 1-15, 2014.

POLVINEN, E. Demand Manufacturing: AM4U (Apparel Made 4 You). *Virtual Fashion Technology*, Aug. 2012a. Disponível em: <https://fashiontech.wordpress.com/2012/08/14/demand-manufacturing-am4u-apparel-made-4-you/>. Acesso em: 18/11/2015.

POLVINEN, E. Employing a high profit integrated mini-factory. *Virtual Fashion Technology*, Set. 2012b. Disponível em: <https://fashiontech.wordpress.com/tag/am4u/>. Acesso em: 18/11/2015.

PwC; KANTAR Retail. *Retailing 2020*: winning in a polarized world. 2012. Disponível em: <http://www.pwc.com/us/en/retail-consumer/publications/retailing-2020.html>. Acesso em: 5/01/2016.

KESTELOO, M.; HODSON, N. 2015 retail trends. Strategy&. PwC. 2015. Disponível em: <http://www.strategyand.pwc.com/perspectives/2015-retail-trends>. Acesso em: 5/01/2016.

RADZIWON, Agnieszka; BILBERG, Ame; BOGERS, Marcel; MADSEN, Erik Skov. The Smart Factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. *Procedia Engineering*, v.69, p.1184-1190, 2014.

RODRIK, D. *The past, presente, and future of economic growth*. Global Citizen Foundation. Working paper 1. Junho, 2013.

ROSSBACH, V.; PATANATHABUTR, P.; WICHITWECHKARN, J. Copying and manipulating nature: Innovation for textile materials. *Fibers and Polymers*, v. 4, n. 1, p. 8-14, March 2003.

ROUBELAT, F.; BRASSETT, J.; McALLUM, M.; HOFFMANN, J.; KERA, D. Probing ephemeral futures: scenarios as fashion design. *Futures*. 2015.

SCHOR, J. Prices and quantities: Unsustainable consumption and the global economy. Ecological Economics, 2005, v. 55.

SIRKIN, H. L.; ZINSER, M.; HOHNER, D. Made in America, again: why manufacturing will return to the U.S. The Boston Consulting Group. Ago. 2011.

SHANG, X.; CHENG, C. C.; LIU, X.; MA, Y.; XIONG, G.; NYBERG, T. R. Social manufacturing cloud service platform for the mass customization in apparel industry. IEEE Intelligent Systems, p. 220-224, 2013.

SCHUMPETER, J. Alois. *The theory of economic development*: an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle. 10 ed. Trad. do alemão por John E. Elliott. London: Transaction Publishers. 2004.

SCHUMPETER, J. *Capitalism, socialism and democracy*. 2 ed. New York: Harper and Brothers Publishers, 2011.

SHIMANO, B.; GESCHKE, C.; SPALDING, C.; SMITH, P. A robot programming system incorporating real time and supervisory control: VAL II. *Proc. Robots* v. 2, n. 9, p. 20-103-20-119, 1984.

SMART FACTORY. *About us*. 2017. Disponível em <http://www.smartfactory.de/>. Acesso em 6/3/2017.

SMITH, A. An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations. Paris: Basil, James Decker, 1801.

STERNBERG, R. J. The nature of creativity. *Creativity Research Journal*, v. 18, n. 1, p. 87-98, 2006.

STOPPA, M.; CHIOLERIO, A. Wearable electronics and smart textiles: a critical review. *Sensors*, v.14, p.11957-11992, 2014.

STURGEON, T. J. Modular production networks: a new American model of industrial organization. *Industrial and Corporate Change*, v. 11, n. 3, p. 451-496, 2002.

TAO, X. M. (ed.). Wearable electronics and photonics. Woodhead Publishing in Textiles, 2005.

TEODORESCU, M. Applied biomimetics: a new fresh look of textiles. *Journal of Textiles*, 2014.

Textile ETP. European Technology Platform for the Future of Textiles and Clothing. *Towards a 4th industrial revolution of textiles and clothing*: a strategic innovation and research agenda for the european textile and clothing industry. October 2016.

THAU, B. *A look at the retail model of the future*. Forbes. 2015. Disponível em: <http://www.forbes.com/sites/barbarathau/2015/02/10/a-look-at-the-retail-model-of-the-future/print/>. Acesso em: 5/01/2016.

THE END of cheap China: what do soaring wages mean for global manufacturing. The Economist. Business. Manufacturing, 10 mar 2012. Disponível em: <http://www.Economist.com/node/21549956/print>. Acesso em: 14/08/2015.

TIME to market (n.d.). In: Cambridge Dictionaries Online. 2015. Disponível em: <http://dictionary.cambridge.org/pt/dicionario/ingles/time-to-market.>. Acesso em: 20/10/2015.

TURK, V. *This knitting machine is like a 3d printer for clothes*. Motherboard, 24 February 2014. Disponível em: <http://motherboard.vice.com/en_au/read/this-knitting-machine-is-like-a-3d-printer-for-clothes>. Acesso em: 18/11/2015.

UNITED KINGDOM (UK). Government Office for Science. Department for Business, Innovation and Skills. *Future of manufacturing*: a new era of opportunity and challenge for the UK. Summary report. Published 23 oct. 2013.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. *E-waste*. Business. Sectoral Activities. ICT. Disponível em: <http://www.unep.org/resourceefficiency/Home/Business/SectoralActivities/ICT/tabid/78947/Default.aspx>. Acesso em: 09/03/2016.

UNIVERSITY OF CAMBRIDGE. *Inclusive design toolkit*. 2015. Disponível em: <http://www.inclusivedesigntoolkit.com/betterdesign2/>. Acesso em: 10/11/2015.

VARHEENMAA, M.; MEINANDER H. Mechanical properties as a base for haptic sensing of virtual fabrics. In: *Proc. Autex 2007 Conference*, Tampere, Finland, June 2007. Disponível em: <http://haptex.miralab.unige.ch/public/papers/AUTEX07_MechanicalProperties.pdf>. Acesso em: 11/11/2015.

VEND University. *12 retail trends and predictions 2015*. Disponível em: <https://www.vendhq.com/university/retail-trends-and-predictions-2015>. Acesso em: 14 dez. 2015.

VIMA. *Purchase Activated Manufacturing, PAM*. 2015. Disponível em: <http://www.vimalliance.org/what-is-pam>. Acesso em: 19/10/2015.

VOLINO, P.; DAVY, P.; BONANNI, U.; LUIBLE, C.; MAGNENAT-THALMANN, N.; MAKINEN, M.; MEINANDER, H. From measured physical parameters to the haptic feeling of fabric. *Visual Comput*, v. 23, p. 133-142, 2007.

WANG, F-Y. From social calculation to social manufacturing: one coming industrial revolution. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, v. 27, n. 6, p. 658-669, 2012.

WANG, Shiyong; WAN, Jiafu; ZHANG, Daqiang; LI, Di; ZHANG, Chunhu. Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. *Computer Networks*, v. 101, p.158–168, 4 June 2016.

WCED – WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. Our common future. Transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427 – Development and International Co -operation: Environment. 1987.

WHITE, D. M. The "gate keeper": a case study in the selection of news. *Journalism Quarterly*, v. 27; p. 383-391, 1950.

WILLIAMSON, O. E. Transaction costs economics: the governance of contractual relations. *Journal of Law and Economics*, v. 22, p. 233-261, 1979.

WILSON, N. Social creativity: requalifying the creative economy. *International Journal of Cultural Policy*, v. 16, n. 3, p. 367-381, 2010.

WYSOKOWSKI, M. et al. Extreme biomimetic approach for developing novel chitin–GeO2 nanocomposites with photoluminescent properties. *Nano Research*, v. 8, n. 7 p. 2288-2301, 2015.

ZÄH, M. F. *When humans and robots work side by side*. Entrevista concedida a Susanne Gold. Pictures of the Future. SIEMENS, Out., 2014. Disponível em: <https://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/industry-and-automation/digital-factory-interview-zaeh.html>. Acesso em: 29/10/2015.

ZEGERS, J. Six key predictions for manufacturing in 2015. *Industry Week Magazine*. Dec. 17, 2014. Disponível em: <http://www.industryweek.com/competitiveness/six-key-predictions-manufacturing-2015?page=2>. Acesso em: 19/10/2015.

ZENG, W.; SHU, L.; LI, Q.; CHEN, S.; WANG, F.; TAO, X. M. Fiber-based wearable electronics: a review of materials, fabrication, devices, and applications. *Adv Mater*., v. 26, n. 31, p. 5310-36. Epub 2014.

ZHANG, M.; KONG, X. X.; RAMU, S. C. The transformation of the clothing industry in China. *Asia Pacific Business Review*, v. 22, n. 1, p. 86-109, 2016.

ZHU, S.; PICKLES, J. Bring in, go up, go west, go out: upgrading, regionalisation and delocalisation in China`s apparel production networks. *Journal of Contemporary Asia*, v. 44, n. 1, p. 36-63, 2013.

ZUEHLKE, Detlef. SmartFactory: towards a factory of things. *Annual Reviews in Control*, v.34, n.1, p.129–138, April 2010.

Impresso em março de 2017
Assahi Grafica