A EVOLUÇÃO POR MEIO DAS REVOLUÇÕES: UM PARALELO COM A ENGENHARIA TÊXTIL

Rita de Cássia Siqueira Curto Valle[1], Manuel José Lis Arias[3], Antônio Augusto Ulson de Souza[2], José Alexandre Borges Valle[1]

[1] Departamento de Engenharia Têxtil, Universidade Federal de Santa Catarina -UFSC, Blumenau,
[2] Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, UFSC, Florianópolis,
[3] Departamento de Engenharia Química da Escola Superior de Engenharia Industria, Aeroespacial e Audiovisual de Terrassa, Universidade Politécnica da Catalunha – UPC, Terrassa, Barcelona, Espanha.

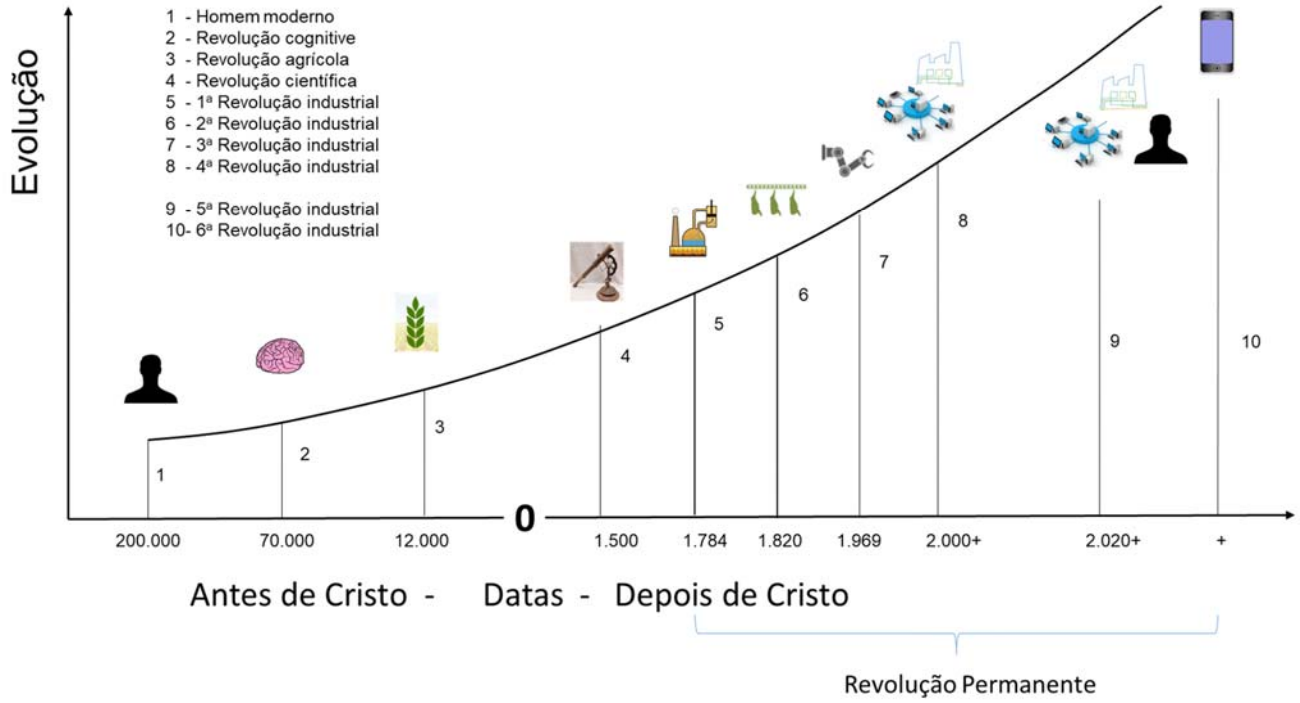
1. HISTÓRICO DAS REVOLUÇÕES HUMANAS E INDUSTRIAIS

A evolução tem marcos relevantes que denotam uma mudança radical do comportamental do ser humano, sendo denominados de revolução do conhecimento. Atualmente se reconhece sete revoluções do conhecimento, que serão brevemente tratadas num contexto do processo produtivo. O intuito deste artigo é apresentar as Sete Revoluções até hoje, mais as duas perspectivas de Revoluções Industriais, conectando-as a alguns eventos/fatos têxteis que mudaram ou melhoraram a vida das pessoas.

Na Figura 1 é apresentado um esquema considerando a evolução exponencial com os marcos temporais das Revoluções da Humanidade e Industriais e extrapolação da 6ª Revolução Industrial, ainda por vir.

Os seres humanos habitaram a terra muito antes de haver história, porém acredita-se que o homem moderno deu início à sua história entre 200.000 e 70.000 anos atrás, marcando o início da revolução cognitiva. Até então o homem não tinha interferência forte sobre o ambiente em que vivia. A revolução cognitiva, como definida por muitos autores, trata-se da incrível capacidade humana de criar realidades imaginadas, passando a ser mais observacional e não só reacional. A partir desse período o homem daquela época passa a se diferenciar dos demais animais.

Figura 1 – Revoluções ao longo da história.



Fonte: Autor

Por volta de 12.000 anos atrás começou a revolução agrícola que acelerou a revolução cognitiva. Deste período até a revolução científica por volta de 1500 d.C., o setor têxtil se desenvolveu a partir de uma manufatura para consumo próprio até a produção para a comercialização. Porém, foi a partir da primeira revolução industrial que começamos a produzir bens e a utilizar a energia como insumo na produção. Com isto a humanidade deixou de ter a grande dependência passiva do ecossistema em que estava inserida. A necessidade de matérias primas e insumos, de encurtar distâncias, de construções, levam à derrubada de florestas, represagem de rios, construção de ferrovias e prédios, etc. A exploração dos recursos do planeta começa a sofrer o impacto da demanda de consumo do homem (HARARI, 2018).

A Primeira Revolução Industrial, também chamada de *Indústria 1.0,* iniciou na Inglaterra a partir do século XVIII, quando a ciência desencadeou uma série de novas tecnologias com a sua evolução. Estas transformaram rapidamente a vida do homem. Teve-se como marco, que mudou o panorama dos meios de se locomover e produzir, a descoberta da utilidade do carvão

como fonte de energia para a indústria, com a chegada da máquina a vapor e a locomotiva. A utilização destas máquinas proporcionou uma produtividade extremamente dinâmica, e com isso a indústria tornou-se uma alternativa de trabalho, concentrando milhares de pessoas do campo nas cidades.

A partir da primeira revolução indústria iniciou-se a revolução permanente, processo irreversível, impulsionado por uma população cada vez mais exigente, que influenciaram a produção industrial (MEDEIROS, 2020; HARARI, 2018)

As revoluções industriais aconteceram como uma quebra de paradigma, onde começou-se a acreditar que a economia moderna crescerá graças à nossa confiança no futuro e à disposição para reinventar e reinvestir os lucros na produção. Um dos pilares da economia moderna é aumentar a produção constantemente, aliado ao processo de compra e venda, base da sustentabilidade do sistema produtivo, para prover as necessidades crescentes do consumidor (AYALA-CARCEDO e GONZÁLES-BARROS, 2005).

A indústria continuou com a necessidade crescente por novas tecnologias, advindo a indústria 2.0, Segunda Revolução Industrial, onde se usa energia elétrica, motor à explosão, corantes sintéticos, e já se tinha a produção de aço e alumínio em escala. Os telégrafos auxiliaram na exploração de novos mercados neste período e iniciou-se a produção em massa, também denominada de Fordismo.

A Terceira Revolução Industrial, também conhecida por Revolução Técnico-Científica e Informacional, é um processo de inovação tecnológica, marcado pelos avanços no campo da Informática, da Robótica, das Telecomunicações, dos Transportes, da Biotecnologia e da Química fina, além da Nanotecnologia. Neste modelo já é possível ter uma descentralização industrial, visto que as inovações nas técnicas de comunicação e transporte permitem a migração para a região onde se tem mais vantagem em produzir. Esse novo processo produtivo foi decisivo para consolidar a presente fase, a Globalização.

Com o crescimento da capacidade de processamento, transferência e armazenamento de dados digitais, da inteligência artificial e conectividade com a realidade do cotidiano das pessoas, surge a era da “internet das coisas”, promovendo uma drástica evolução da indústria. Estas mudanças permanentes na indústria estão sendo denominadas de a Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0 ou Indústria Inteligente. A automatização dos processos de produção é um exemplo disto, o desenvolvimento dos sistemas inteligentes para monitoramento e tomada de decisões é outro.

Nesta nova era uma nova realidade é imposta às indústrias de base tecnológica, onde o produto tem um novo protagonismo, de um objeto passivo passa a ser um agente ativo da manufatura que, por si mesmo, pode “decidir” como deve ser fabricado. Em um futuro próximo, tanto os produtos quanto as máquinas serão capazes de se comunicar e de se auto monitorar nas linhas de produção das fábricas. Os produtos terão protocolos de auto monitoramento, determinando falhas, o período de manutenção, determinadas por inteligência artificial e por rotinas individuais implantadas, com a supervisão de um computador central (HARARI, 2018).

Com relação a indústria 4.0 no setor têxtil no Brasil, a indústria tem muitos desafios a superar, porém com o aumento do uso de novas tecnologias produtivas e a criação de interfaces entre os consumidores e os sistemas de produção deve haver uma estimulação para o desenvolvimento de novos modelos de negócios (BRUNO, 2017)

A cadeia têxtil é muito abrangente, envolvendo a produção das fibras naturais, onde se destaca o algodão, fibras sintéticas e artificiais, o processamento na indústria têxtil e a confecção e necessita de uma integração eficiente. Nesta cadeia vários atores, privados e governamentais, constituem os elos responsáveis pela integração. Como principais protagonistas da gestão da cadeia têxtil estão o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA, ABRAPA, IMAmt, Ministério da Indústria, Comércio e Desenvolvimento, MIDC, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, MCTIC, Associação Brasileira da Indústria Têxtil, ABIT, Federação de Indústria, Sindicatos, BNDES, BADESC, ICTs, Universidades, Sisitema S (SENAI; IEL; SENAC), entre outros.

Com a produção cada vez mais voltada à mercados competitivos e para os consumidores mais exigentes, a indústria têxtil e de confecção tem que estar preocupada com a qualidade, Marketing (aplicativos), Rastreabilidade (do campo ao produto final), e novos mercados com os tecidos técnicos com funções diversas, água, energia, ambiente, saúde, etc.

Para que se consiga produzir os tecidos técnicos com propriedades antichama, à prova de água, refrigerantes, repelentes, autolimpantes; bactericidas, curativos, nanogeradores, supercondutores, sensores, etc., a indústria também está tendo que se envolver com tecnologias inovadoras de produto e processos, como nanoencapsulação, eletrofiação, plasma, degradação fotocatalítica para purificação do ar; entre outras.

Na próxima Revolução, a Quinta ou Indústria 5.0, já está sendo previsto que, mesmo com os avanços tecnológicos surpreendentes, a indústria volte a ter um toque humano na manufatura. Portanto, onde a Indústria 4.0 coloca a tecnologia inteligente na vanguarda da manufatura, a Industria 5.0 terá o aumento da colaboração entre humanos e sistemas

inteligentes (trabalho humano-robô). Deste modo estará associada a alta velocidade da automação industrial com as habilidades de pensamento cognitivo e crítico dos seres humanos. Isso permitirá gerar produtos de acordo com a individualização que os consumidores estão exigindo (DEMIR, DOVEN e SEZEN, 2019).

E por fim, alguns visionários já comentam sobre a Indústria 6.0, onde o consumidor não teria contato com qualquer máquina ou pessoa e tudo seria feito num aplicativo, através de uma foto ou de um esboço e simplesmente apertando o botão em “fazer”,

Para esta revolução será necessária uma "nova imaginação sociológica" para compreender a dinâmica da sexta revolução industrial, na qual as nanotecnologias, tecnologias da informação, robótica, neurociências e biotecnologia convergem para criar uma nova tecnologia central (KNELL, 2010; FULLER, 2006 e OSSEWAARDE, 2020),

EVENTOS RELACIONADOS A ENGENHARIA TÊXTIL AO LONGO DOS SÉCULOS

Historicamente o profissional da área têxtil e confecção nem sempre foi conhecido por engenheiro têxtil, porém este teve um papel fundamental no desenvolvimento deste setor. Para entendermos este papel, é necessário definir engenharia. Engenharia é aplicação de métodos científicos ou empíricos para a utilização dos recursos da natureza em benefício do ser humano. Ou seja, o engenheiro tem como função, procurar a eficiência de processo, com redução de custos mediante a produção em massa de produtos atrativos, assim como aproveitar ao máximo os materiais, o tempo e os processos.

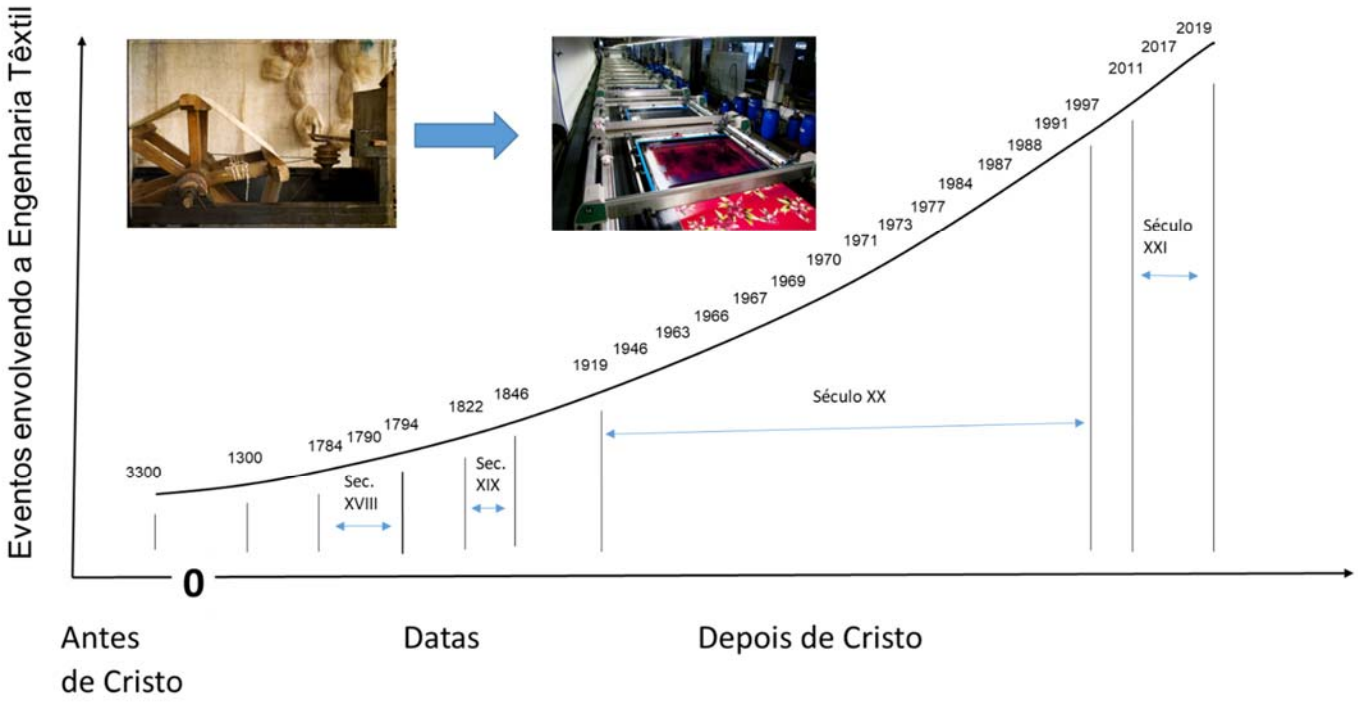
Uma boa forma de explicar a função do engenheiro é quando pensamos na roupa que usamos.

No passado as pessoas faziam roupas somente com fibras naturias e de forma manual.e em pequena escala. A exemplo do algodão: plantavam e colhiam o algodão, separavam as fibras das sementes, limpavam as fibras, cardavam , filavam, teciam em tear manual e costuravam a roupa com fio e agulha. No caso das fibras animais, tudo começa com a criação dos animais. A roupa era cara devido a mão de obra (muitas horas de trabalho). Hoje em dia, os engenheiros já mecanizaram todo o processo, além disto tem-se a disposição uma diversidade de fibras, possibilitando diferentes formas de fazer distintos produtos, com um custo bem menor e com muito mais ergonomia. A união do processo criativo com diferentes materiais e formas de produção tem-se no produto têxtil, beleza, conforto e maior adequação de uso,

além dos tecidos técnicos que se estende por uma infinidade de aplicações de características especiais.

Os profissionais da área têxtil são responsáveis por alguns fatos e/ou eventos históricos que são apresentados na Tabela 1 a nível mundial e na Tabela 2 num contesto nacional. As datas destes eventos são apresentadas na Figura 2 de forma que seja possível fazer uma comparação com os períodos das Revoluções Humanas e Industriais apresentadas na Figura 1. Os fatos históricos são apresentados em muitos livros sobre a “História das Engenharias” e as datas nem sempre coincidem exatamente.

Figura 2 – Datas de eventos que envolveram a Engenharia Têxtil ao longo dos séculos.



Fonte: Autor.

Muitos dos fatos apresentados mudaram completamente a forma de vida, a exemplo da invenção da máquina de costura e da máquina de lavar roupas, e outros que foram incorporadas ao cotidiano das famílias.

Outros fatos não menos importantes também impulsionaram a indústria têxtil entre 1800 e 1907, como por exemplo: 1800 – Produção de vapor a alta pressão; 1830 – Locomotiva a vapor; 1843 – Inglaterra liberou a exportação de máquinas têxteis; 1854 – Planta de tratamento

de água; 1859 – Planta de tratamento de efluentes; 1861 – Refinaria de petróleo; 1861 – Elevador em prédio; 1876 – Telefone; 1878 – Rede elétrica; 1897 – Locomotiva a diesel; 1902 – Ar condicionado; 1907 - Foi emitida a 1ª licença profissional para um engenheiro.

Tabela 1 – Eventos que envolveram a Engenharia Têxtil e que estão relacionados à melhoria dos processos têxteis ao longo dos séculos.

Data	Evento "TÊXTIL"
3300 aC	Múmia OTZI – encontrada num glaciar nos Alpes, entre os países Itália e Áustria. Encontraram com ele sapatos de pele de cervo, gorro, uma jaqueta, calça, cinta, e ainda usava 3 camadas de roupas
1300 dC	A palavra engenheiro foi incorporada no dicionário da língua inglesa, embora ainda para descrever as pessoas que construíam máquinas militares
A têxtil iniciou a revolução logo no princípio da Revolução Industrial	
1784	Registro dos primeiros teares mecânicos
1790	Iniciou a primeira fábrica de algodão nos Estados Unidos, segundo alguns historiadores esta marcou o início da revolução industrial naquele país
1794	Com o aumento da demanda de algodão devido a fábrica, surgiu a primeira desfibradora de algodão para retirar as sementes das fibras de algodão. As pessoas faziam isto manualmente e demoravam 1 dia para limpar 450 g de algodão (muito pouco)
1800	Produção de vapor a alta pressão
1846	Foi criada a máquina de costura, para melhorar a parte final do processo que ainda não tinha evoluído, que só foi possível porque em 1750 a engenharia mecânica criou o que chamou de máquinas simples (polias, roldanas, cunhas, plano inclinado)
1919	1ª mulher engenheira
1946	Foi lançada a primeira lavadora de roupa (front load), foi um marco na vida doméstica, realmente mudou a vida da população. Esta máquina vem sofrendo avanços até hoje (melhorando a vida cotidiana continuamente, cada vez com funções para cada tipo de roupa, para quantidades distintas de sujeira e inclusive para amarrotar menos no processo como um todo).
1966	Os engenheiros têxteis desenvolveram o tecido dos parapentes
1967	APOLO 1, foi o projeto da primeira missão tripulada com destino a lua. Um incêndio na cabine durante um ensaio de lançamento no dia 27 de janeiro no Complexo de Lançamento da Estação da Força Aérea do Cabo Kennedy matou todos os três membros da tripulação. Depois disto, os trajes de vôo foram revistos e o náilon dos trajes foi substituído por um material não inflamável.
1969	Homem chega a Lua e com TRAJES ESPACIAIS caminha livremente em solo lunar. Trajes que permitem o homem estar em uma atmosfera sem oxigênio e num ambiente de radiação solar intensa. Trajes cômodos e flexíveis que permitiam que os astronautas usassem até 8 h por dia e em mais dias. Estes trajes tinham mais de uma dezena de fibras para suportar tais condições lunares.
1971	Invento do Kevlar utilizado em coletes a prova de bala, substituindo metais
1977	Foi colocado o KEVLAR em asas de avião a propulsão humana (semelhante a asas de asa delta).
1984	Movimento de cargas em contêiner facilitando os transportes marítimos e movimentação de mercadorias Outros marcos aconteceram, e outros melhoramentos também, estes tem movimentado a indústria têxtil, como exemplo o início do transporte de cargas em container

Na Tabela 2 é possível ver a história da indústria têxtil no Brasil por meio das datas, assim como os cursos de graduação e pós-graduação em área têxtil, mais especificamente em Engenharia Têxtil.

Tabela 2 – Eventos que envolveram a Engenharia Têxtil e que estão relacionados à melhoria dos processos têxteis no Brasil.

Data	Evento "TÊXTIL"
A têxtil iniciou a revolução logo no princípio da Revolução Industrial	
1822	Em Blumenau, Johann Karsten juntamente com Heinrich Hadlich e Gustav Roeder fundaram a empresa Roeder, Karsten & Hadlich. Poucos anos depois a família Karsten assume a empresa Karsten sozinha.
1830	Muitas fábricas foram inauguradas no nordeste;
1861	A guerra civil americana favoreceu a indústria têxtil brasileira que cresce de 6 a 7 vezes com as exportações;
1886	A partir desta data: As fábricas passaram a se concentrar na região Centro-Sul (São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro);
1880	Começaram as indústrias na região do Vale do Itajaí
	Fundação da Hering;
1882	Fundação da Karsten;
	Os historiadores estimaram que haviam 48 fábricas têxteis no Brasil nesta data produzindo 20 milhões de metros de tecido anualmente.
1963	Primeiro curso na área têxtil no Brasil foi a Engenharia de Operação Têxtil na FEI - SP
1966	Os engenheiros têxteis desenvolveram o tecido dos parapentes
1970	O ensino superior no domínio têxtil desenvolveu-se no Brasil a partir do início dos anos 70 em disciplinas inseridas em cursos como o de Engenharia Química e Engenharia Mecânica.
1973	Criação do curso de Engenharia Operacional Têxtil em 1973 no SENAI-CETIQT
1987	1º curso de Engenharia Têxtil no Brasil com este nome, na FEI e 1° curso de Tecnólogo em Produção Têxtil na FATEC - Americana
1988	Criação do curso de Engenharia Mecânica - habilitação Têxtil no SENAI-CETIQT em convênio com a UERJ
1992	2º curso de Engenharia Têxtil no Brasil, iniciou-se na Universidade Estadual de Maringá - Campus Goioerê
1998	Criação dos cursos de Engenharia Têxtil no SENAI-CETIQT e na UFRN. Na sequência foram criados os cursos de Engenharia Têxtil na UTFPR (2010) e UFSC (2014).
2005	Criação do curso bacharelado em Têxtil e Moda na USP e 2015 Tecnólogo em têxtil e moda na FATEC - Americana
2011	Mestrado em Têxtil e Moda USP
2017	Mestrado Engenharia Têxtil UFRN
2019	Mestrado Engenharia Têxtil UFSC Campus Blumenau

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo difere um pouco dos demais por se tratar de forma compacta história da humanidade conectada à história da Engenharia Têxtil, desde 200.000 anos atrás até uma data futura incerta, em que está prevista a 6ª Revolução Industrial. E também, vale ressaltar que datas e descrições históricas nem sempre convergem entre os pesquisadores.

Percebe-se nos eventos históricos a importância da têxtil relatada através da múmia OTZI a 3300 anos antes de Cristo e o seu protagonismo na primeira Revolução Industrial.

A indústria têxtil no Brasil sempre esteve na vanguarda acompanhado o processo de industrialização e marcando a sua importância socioeconômica do país. Numa história mais recente, a área Têxtil tem aumentada a disponibilidade de profissionais qualificados e direcionados a um setor que possui uma cadeia de produção completa, produzindo desde as fibras até peças confeccionadas. Pesquisas na área têxtil ganharam reforço com a abertura de programa de pós-graduação em Engenharia Têxtil, para fazer frente às transformações da sociedade e tecnológicas das Revoluções Industriais. Os Programas de Pós-graduação (strictu sensu), integrados com Indústria Têxtil através de projetos de P&D&I, serão os pilares que darão suporte à geração de conhecimento e promoção de desenvolvimento e inovação das indústrias brasileiras, para a inserção das mesmas como pioneiras na transição das Revoluções Tecnológicas da Indústria.

O grande desafio da Indústria Têxtil brasileira é se reinventar com a agilidade que o mercado global se impõe, considerando que os agentes destas transformações, entre eles os Engenheiros Têxteis, estão sendo formados hoje, e precisam ser inseridos no mercado, com toda a base técnica científica necessária para apoiar a Indústrias Nacional nesta transformação. A Governança da Cadeia Produtiva Têxtil tem que concentrar os esforços para viabilizar a integração das Indústrias com as Universidades e Centros de Pesquisas, para que os profissionais de alto nível, Engenheiros, Mestres e Doutores, venham a fazer parte do quadro técnico das empresas têxteis, para que o setor esteja preparado para o ingresso efetivo na Indústria 4.0 e consiga o protagonismo da Indústria 5.0 e 6.0 num futuro próximo.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES-PRINT, projeto de número 88887.310560/2018-00, e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Têxtil (PGETEX) da Universidade Federal de Santa Catarina

Referências

AYALA-CARCEDO, F.J., GONZÁLEZ-BARROS, M.R.Y. Economic Underdevelopment And Sustainable Development In The World:Conditioning Factors, Problems And Opportunities. *Environ Dev Sustain* **7,** 95–115 (2005). https://doi-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10668-003-4012-9

BRUNO, Flavio da Silveira. A quarta revolução industrial do setor têxtil e de confecção: a visão de futuro para 2030. 2. ed. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2017. 151 p. ISBN 9788568552308.

DEMIR, K., DÖVEN, G., & SEZEN, B. (2019). Industry 5.0 and Human-Robot Co-working. Procedia Computer Science, 158, 688-695.

FULLER, S. 2006. The New Sociological Imagination. London: Sage.

HARARI, Yuval Noah. Sapiens: Uma breve história da humanidade . Porto Alegre: L&PM Editores S. A., 2018.

KNELL, M. Multi-Source Energy Networks and the ICT Revolution. European Planning Studies, [s. l.], v. 21, n. 11, p. 1838–1852, 2013. DOI 10.1080/09654313.2012.753692. Disponível em: http://search-ebscohost-com.ez46.periodicos.capes.gov.br/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=91949278&lang=pt-br&site=ehost-live. Acesso em: 13 maio. 2020.

MEDEIROS, Felipe Lima de; PRADO, Luiz Carlos Delorme. A Teoria Protoindustrial: origem, desenvolvimento e atualidade. Estud. Econ., São Paulo , v. 49, n. 1, p. 131-161, Mar. 2019 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-41612019000100131&lng=en&nrm=iso>. access on 13 May 2020.

OSSEWAARDE, M. "SOCIOLOGICAL IMAGINATION FOR THE AGED SOCIETY." Canadian Journal of Sociology, vol. 39, no. 2, 2014, p. 159+. Gale Academic OneFile, https://link-gale.ez46.periodicos.capes.gov.br/apps/doc/A557705485/AONE?u=capes&sid=AONE&xid=4c731abe. Accessed 13 May 2020.