

Gabriela Maestri

**INDÚSTRIA 4.0 NO SETOR TÊXTIL: DIAGNÓSTICO ATUAL,
DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O FUTURO DIGITAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Departamento de
Engenharias do Campus Blumenau
da Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do Grau
de Bacharelado em Engenharia
Têxtil

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Fernanda
Steffens

Coorientador: Prof. Dr. Fernando
Ribeiro Oliveira

Blumenau
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Maestri, Gabriela

INDÚSTRIA 4.0 NO SETOR TÊXTIL: DIAGNÓSTICO ATUAL,
DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O FUTURO DIGITAL /
Gabriela Maestri ; orientadora, Fernanda Steffens,
coorientador, Fernando Ribeiro Oliveira, 2018.
88 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Blumenau, Graduação em Engenharia Têxtil, Blumenau,
2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Têxtil. 2. Indústria 4.0. 3.
Têxtil. 4. Malharia 4.0. I. Steffens, Fernanda. II.
Ribeiro Oliveira, Fernando. III. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia
Têxtil. IV. Título.

Gabriela Maestri

**INDÚSTRIA 4.0 NO SETOR TÊXTIL: DIAGNÓSTICO ATUAL,
DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O FUTURO DIGITAL**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Têxtil, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Têxtil

Blumenau, 11 de dezembro de 2018.

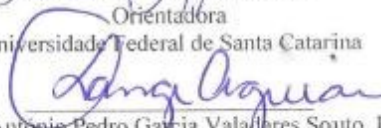


Prof.^a Catia Rosana Lange de Aguiar, Dr.^a
Coordenador do Curso

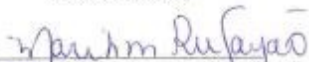
Banca Examinadora:



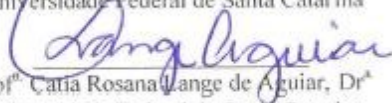
Prof.^a Fernanda Steffens, Dr.^a
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Antonio Pedro Garcia Valadares Souto, Dr.
Universidade do Minho
videoconferência



Prof.^a Marilise Luiza Martins dos Reis Sayão, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.^a Catia Rosana Lange de Aguiar, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Edson e Maria, e ao meu irmão Eder Luiz, por todo apoio, incentivo e amor oferecidos durante toda a graduação.

Em especial, a orientadora deste trabalho, Profa. Dra. Fernanda Steffens, por todo conhecimento compartilhado, incentivo, auxílio e oportunidades ofertadas a mim no decorrer deste trabalho.

Ao coorientador Prof. Dr. Fernando Ribeiro Oliveira, por todo suporte prestado, ajuda com dúvidas e disposição para sempre melhorar o trabalho.

À todas as pessoas que responderam os questionários aplicados no decorrer deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

À empresa Tecelagem JM, por compartilhar da sua história e mudanças tecnológicas, contribuindo assim para uma visão realística no trabalho.

Às professoras Brenda Matos e Marilise Sayão, pela disposição e ajuda quanto ao esclarecimento de conceitos relacionados à transformação de empregos.

Ao meu amigo Brunno Vanelli, pela ajuda com o software Factory IO, e pelo incentivo na realização deste trabalho.

Aos meus amigos de vida, Tainá F. Pedrini e Rodrigo O. Nielson, pelo incentivo, entendimento e por compartilhar das causas acadêmicas comigo.

Aos meus amados colegas de turma, Victor Hugo e Heloísa, por estarem sempre presentes e me apoiarem emocionalmente.

A todos os colegas e familiares que, de alguma forma me incentivaram a realizar não só este trabalho, mas toda a graduação.

À UFSC-Blumenau, seu corpo docente, direção, administração e em especial ao curso de Engenharia Têxtil que oportunizaram a realização deste trabalho.

“O sucesso é a soma de pequenos
esforços repetidos dia após dia.”
(Robert Collier)

RESUMO

A Indústria 4.0 é caracterizada pelo uso de várias tecnologias interconectadas, como computação em nuvem, *Big data*, simulação, internet das coisas, robótica e realidade aumentada. Industrialmente, este modelo contribui para a redução de desperdícios e otimização dos processos. Permite a manufatura de produtos personalizados em massa, controle de dados em tempo real e a capacidade de simular processos. No entanto, este tema ainda é pouco estudado cientificamente, e isto pode ser constatado pelo número de publicações referentes ao mesmo. A indústria têxtil brasileira se destaca pelo alto índice de empregabilidade e possui uma cadeia produtiva completa, resultando em uma grande indústria, que vai desde o vestuário convencional até têxteis técnicos e inteligentes. Devido ao elevado número de colaboradores que constitui o setor, discussões relacionadas a aspectos sociais, como por exemplo, a substituição do trabalho humano pela máquina, são também bastante pertinentes. Assim, os objetivos deste trabalho são: analisar investimentos do setor têxtil quanto à indústria 4.0; diagnosticar o conhecimento e interesse de profissionais do setor e alunos de engenharia quanto ao tema; desenvolver sugestões inovadoras para os setores de fiação, estamparia, confecção e malharia. Para tal, foram aplicados questionários sobre o tema “Indústria 4.0” a 70 profissionais da área têxtil e a 56 estudantes de engenharia da UFSC-BNU. Além disso, foi realizado um estudo sobre relações de trabalho e revoluções passadas e estimativas futuras. Os resultados dos questionários foram apresentados graficamente e indicaram baixos percentuais de conhecimento das tecnologias relacionadas à 4ª revolução industrial. Ainda, as inovações sugeridas indicaram desde soluções simples de processos até mesmo uma nova configuração para a indústria de malhas, sendo chamada de “Malharia 4.0”. Percebeu-se, analisando tendências e fatos históricos, que novos empregos irão surgir, e outros, irão se transformar. Dessa forma, o presente trabalho contribuiu para o esclarecimento de fatores tecnológicos e sociais, oferecendo alternativas para a industrialização 4.0 no setor têxtil.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Têxtil. Malharia 4.0.

ABSTRACT

Industry 4.0 is characterized by the use of various interconnected technologies such as cloud computing, Big data, simulation, internet of things, robotics and augmented reality. Industrially, this model contributes to waste reduction and process optimization. It allows the manufacture of custom mass products, real-time data control and the ability to simulate processes. However, this topic is still little studied scientifically, and this can be verified due the number of publications related on the theme. The Brazilian textile industry stands out for its high employability index and has a complete production chain, resulting in a large industry ranging from conventional clothing to technical and intelligent textiles. Due to the high number of employees that constitute the sector, discussions related to social aspects, such as the substitution of human labor for the machine, are also quite pertinent. Thus, the objectives of this work are: to analyze investments of the textile sector in industry 4.0; diagnose the knowledge and interest of textile professionals and engineering students regarding the subject; develop innovative suggestions for spinning, printing, confection and knitting sectors. Finally, questionnaires were carried out on the theme "Industry 4.0" to 70 professionals in the textile area and 56 engineering students from UFSC-BNU. In addition, a study was conducted on labor relations, past revolutions and future estimates. The results of the questionnaires were presented graphically and indicated low percentages of knowledge of the technologies related to the 4th industrial revolution. Also, the suggested innovations indicated from simple process solutions to even a new configuration of knitting industry, being called "Knitting 4.0". It has been realized, analyzing trends and historical facts, that new jobs will emerge, and others, will change. In this way, the present work contributed to the clarification of technological and social factors, offering alternatives for the industrialization 4.0 in the textile sector.

Keywords: Industry 4.0. Textile. Knitting 4.0.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Linha do tempo das principais revoluções industriais	24
Figura 2 – Principais tecnologias desenvolvidas ao longo do tempo	34
Figura 3 – Tecnologias emergentes que estimularam a Indústria 4.0	37
Figura 4 – Exemplos de robôs industriais	38
Figura 5 – Classificação da computação em nuvem.....	41
Figura 6 – Diagrama da cadeia têxtil	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Publicações relacionadas ao tema Indústria 4.0 em diferentes idiomas.....	28
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Saldo (Admissões e Demissões) do setor têxtil brasileiro ao longo dos últimos anos	27
Gráfico 2 – Número de publicações por período na plataforma Google Acadêmico	29
Gráfico 3 – Número de publicações por período na plataforma <i>ScienceDirect</i>	30
Gráfico 4 – Número de publicações de termos relevantes nos últimos dois anos na plataforma Google Acadêmico.....	31
Gráfico 5 – Conhecimento dos termos	55
Gráfico 6 – Associação do termo “Indústria 4.0”.....	56
Gráfico 7 – Incentivo ao estudo do tema	57
Gráfico 8 – Opinião dos estudantes em relação ao tema.....	58
Gráfico 9 – Opinião dos alunos em relação à importância do tema à sua formação	59
Gráfico 10 – Percentual de empresas que já possuem robôs....	60
Gráfico 11 – Panorama de investimentos.....	60
Gráfico 12 – Análise comparativa entre indústrias	62
Gráfico 13 – Comparação entre diferentes países	63
Gráfico 14 – Diagnóstico de planejamento industrial	64
Gráfico 15 – Análise de conhecimento dos termos relacionados a Indústria 4.0	65
Gráfico 16 – Associação do termo “Indústria 4.0”	66
Gráfico 17 – Diagnóstico sobre interação entre máquinas.....	67
Gráfico 18 – Áreas do setor têxtil que mais tiveram avanços tecnológicos	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Posicionamento dos países em termos de competitividade global em relação a quarta revolução industrial.	26
Quadro 2 – Fatores limitantes e oportunidades	45
Quadro 3 – Empregos do futuro: possibilidades	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
DORT	Distúrbio Osteomuscular Relacionado ao Trabalho
IoT	Internet of Things (Internet das Coisas)
UFSC-BNU	Universidade Federal de Santa Catarina – Campus de Blumenau

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	OBJETIVOS	32
2.1	OBJETIVO GERAL	32
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	32
3	ESTADO DA ARTE	33
3.1	HISTÓRIA DAS TECNOLOGIAS.....	33
3.2	INDÚSTRIA 4.0	36
3.2.1	Robótica	37
3.2.2	Simulação.....	39
3.2.3	Internet das Coisas	39
3.2.4	Manufatura aditiva.....	40
3.2.5	Realidade aumentada	40
3.2.6	Processamento e Análise de dados.....	40
3.2.7	Computação em nuvem.....	40
3.2.8	Sistemas <i>cyber</i> -físicos	42
3.3	A CADEIA TÊXTIL	42
3.4	BARREIRAS NA IMPLANTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0.....	45
3.4.1	O fator humano.....	47
4	METODOLOGIA	52
4.1	ELABORAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS	52
4.1.1	Questionários aplicados a alunos de engenharia	52
4.1.2	Questionários aplicados a profissionais do segmento têxtil.....	52
4.2	DESENVOLVIMENTO DE SUGESTÕES INOVADORAS PARA INDUSTRIALIZAÇÃO 4.0 NO SETOR TÊXTIL... ..	53
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1	ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS	54
5.1.1	Questionário aplicado a alunos de engenharia	54
5.1.2	Questionário aplicado a profissionais têxteis	59

5.1.3 Comparação entre os questionários	69
5.2 DESENVOLVIMENTO ESQUEMÁTICO DE OPORTUNIDADES INOVADORAS	69
5.2.1 Setor de fiação	72
5.2.2 Setor de confecção	73
5.2.3 Setor de estamperia.....	75
5.3 DESENVOLVIMENTO DE UMA PLANTA DE MALHARIA 4.0	76
5.3.1 Aspectos ergonômicos	76
5.3.2 Funcionamento do processo.....	77
6 CONCLUSÃO	81
7 PERSPECTIVAS FUTURAS	82
APÊNDICES 87	
APÊNDICE A – Questionários aplicados com alunos de engenharia.....	87
APÊNDICE B – Questionários aplicados com profissionais do setor têxtil.....	88

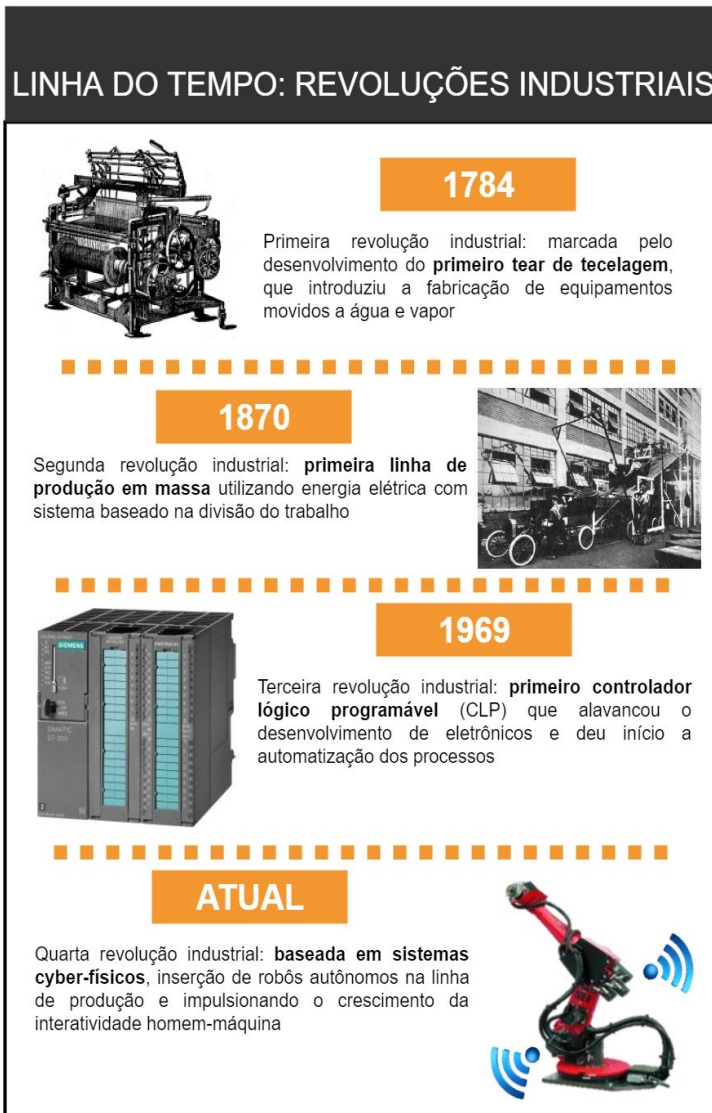
1 INTRODUÇÃO

A primeira revolução industrial (1700-1852) pode ser caracterizada pelo aumento do emprego e de uma atividade agrícola magistral para atividades industriais, aumentando assim, a produção per capita (TREW, 2014). Esta é caracterizada principalmente pelo surgimento de novos maquinários (principalmente máquinas a vapor), automatizando alguns processos anteriormente realizados apenas manualmente, criando indústrias competitivas e o modo de governança por mercados (VON TUNZELMANN, 2003). Durante este período de novas tecnologias, somente entre os anos de 1775-1841, o setor têxtil registrou cerca de 1070 patentes na Inglaterra, 415 na Escócia e 163 na Irlanda, confirmando o desenvolvimento de novos maquinários e tecnologias (BOTTOMLEY, 2014).

Revoluções industriais proporcionaram transformações econômicas globais desde o início. Basicamente, as revoluções consistem em mudanças no processo produtivo e melhoria da organização humana como um todo (STEARNS, 2013). Desde as alterações no processo de produção, que inicialmente eram voltados principalmente para o consumo próprio, para os de produção em massa (industrialização), até atualmente, onde o desafio principal é vencer a competitividade. A figura 1 apresenta de forma sucinta as principais revoluções industriais ocorridas ao longo do tempo.

Desde a crise econômica global de 2008 – que acarretou no desequilíbrio da maior economia do mundo (EUA), a economia se vê em estado de alerta, e cada vez mais se acredita que a atual quarta revolução industrial é uma resposta positiva para alavancar o crescimento mundial. Espera-se, de uma forma global, que a Indústria 4.0 seja uma alternativa para fatores como a baixa propensão à inovação, o enfraquecimento da concorrência e do crescimento sustentável lento (KOVACS, 2018).

Figura 1 – Linha do tempo das principais revoluções industriais



Fonte: Adaptado de Simonis; Gloy; Gries (2016) e de Stearns (2013).

Utilizado pela primeira vez na Alemanha em 2011, durante a feira de Hannover, quando representantes da economia, política

e da academia promoveram a ideia de reforçar a competitividade do setor industrial alemão (DUARTE, 2017), o termo “Indústria 4.0”, se refere a um conjunto de tecnologias avançadas que, integradas, beneficiam na redução das barreiras relacionadas às ferramentas virtuais e físicas. Conseqüentemente, tais tecnologias permitem que máquinas e humanos trabalhem em sinergia, conectados, utilizando sistemas *cyber*-físicos e adotando tecnologias como Internet das Coisas (IoT) para desenvolver as chamadas fábricas inteligentes.

Além disso, a Indústria 4.0 é impulsionada por fatores como o aumento de dados envolvidos no processo e o surgimento de recursos de análise, como por exemplo, a introdução da inteligência artificial. Esta revolução, por sua vez, vem seguida da revolução *lean* de 1970 juntamente com a terceirização dos anos 90 e a automação dos anos 2000 (SUNG, 2018).

Apesar das vantagens proporcionadas pela Indústria 4.0, como a interoperabilidade, a análise de dados em tempo real e o auxílio de robôs nas linhas de produção, a mesma ainda enfrenta desafios na sua adaptação, uma vez que seus conceitos ainda não estão tão bem fundamentados e esclarecidos na literatura e conseqüentemente no setor produtivo. O conceito tem por objetivo auxiliar as empresas a preservar o meio ambiente, reduzir consumo de água, energia, geração de resíduos e minimizar gastos durante a produção (MOKTADIR et al., 2018).

Muitos são os países que já adotam os conceitos relacionados a Indústria 4.0 em seus meios produtivos. O quadro 1 ilustra a posição de alguns países quanto à indústria 4.0 no que se refere a sua competitividade, após aderirem as tecnologias da indústria 4.0.

Quadro 1 – Posicionamento dos países em termos de competitividade global em relação a quarta revolução industrial.

Posição	País	Posição	País
1º	Singapura	24º	Portugal
2º	Finlândia	25º	República Tcheca
3º	Estados Unidos	26º	Coréia do Sul
4º	Holanda	27º	Chile
5º	Suíça	28º	Espanha
6º	Suécia	29º	China
7º	Noruega	30º	Cazaquistão
8º	Reino Unido	31º	Polônia
9º	Dinamarca	32º	Rússia
10º	Hong Kong	33º	Tailândia
11º	Canadá	34º	Itália
12º	Nova Zelândia	35º	Hungria
13º	Alemanha	36º	África do sul
14º	Taiwan	37º	Grécia
15º	Japão	38º	Filipinas
16º	Austrália	39º	Indonésia
17º	Áustria	40º	Turquia
18º	Israel	41º	Colômbia
19º	Coreia	42º	Índia
20º	Irlanda	43º	México
21º	Bélgica	44º	Brasil
22º	França	45º	Peru
23º	Malásia	46º	Argentina

Fonte: (BAWEJA, BHANU; DONOVAN, PAUL; HAEFELE, MARK; SIDDQI, LUTFEY; SMILES, 2016; SUNG, 2018)

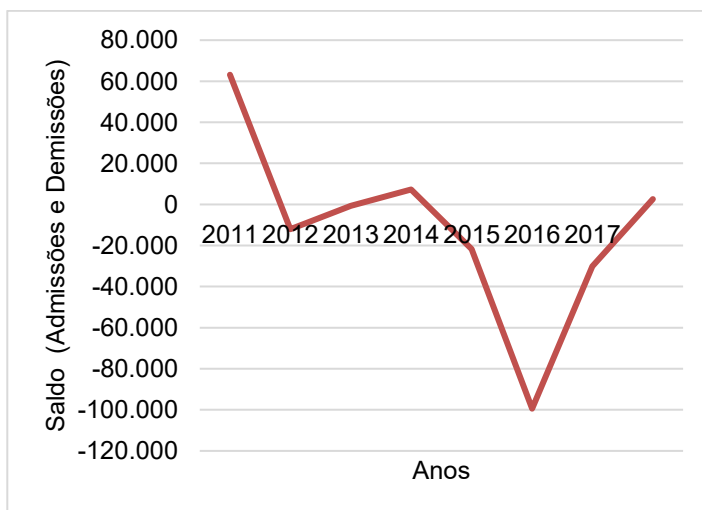
Como é observado no quadro 1, o Brasil se encontra na 44ª posição de competitividade global para a revolução 4.0 quando comparado com os outros países, ou seja, o Brasil não se apresenta atualmente em uma posição privilegiada para a quarta

revolução industrial, ficando inclusive atrás de vizinhos da América do Sul, como Chile e Colômbia.

A indústria têxtil brasileira é a quarta maior do mundo. Considerando o mercado brasileiro, a indústria têxtil se destaca pela variedade de segmentos que a compõe e considerável contribuição econômica para o país, uma vez que gerou 14.750 empregos no primeiro trimestre de 2018, sendo o terceiro melhor desempenho registrado dentre as indústrias de transformação (ABIT, 2018).

O gráfico 1 ilustra que em 2016 ocorreu um grande aumento nas admissões do setor têxtil brasileiro, e entende-se que a tendência para o setor é de crescimento na oferta de empregos para os próximos anos.

Gráfico 1 – Saldo (Admissões e Demissões) do setor têxtil brasileiro ao longo dos últimos anos



Fonte: CAGED, 2018

No entanto, a indústria têxtil muitas vezes encontra dificuldades quando se trata da inserção de novas tecnologias. E neste caso, quando se fala sobre a utilização de robôs, o desafio pode ser ainda maior. É importante ressaltar que os têxteis podem adquirir diferentes formas e graduações, de acordo com o que produzido, o que exigirá das diferentes etapas dos processos, como corte, costura, revisão e passadoria, diferentes métodos de

trabalho. Por este motivo, a inserção da robotização no setor têxtil, em contato direto com os materiais fibrosos, é ainda um desafio.

Devido a relevância que compreende o tema Indústria 4.0, verifica-se que está relacionado a um assunto muito atual. Isto pode ser constatado por meio de pesquisas realizadas nas plataformas de busca Google Acadêmico e *Science Direct* com palavras-chave que fazem conexão com o assunto.

Para isto, foram escolhidas palavras específicas nesta busca, todos contendo o final “4.0” e ainda, em outras línguas, como o inglês, chinês e alemão, pois são idiomas que apresentam forte ligação com a indústria têxtil, ressaltando que foi na Alemanha que surgiu o tema. A tabela 1 apresenta o número de publicações por palavra-chave.

Tabela 1 – Publicações relacionadas ao tema Indústria 4.0 em diferentes idiomas.

Google Acadêmico		ScienceDirect	
PALAVRA-CHAVE	Número de artigos	PALAVRA-CHAVE	Número de artigos
indústria 4.0	2.740	indústria 4.0	7
<i>industry 4.0</i>	24.994	<i>industry 4.0</i>	2.530
<i>textile industry 4.0</i>	3	<i>textile industry 4.0</i>	0
<i>factory 4.0</i>	203	<i>factory 4.0</i>	15
<i>工業4.0</i>	16.100	<i>工業4.0</i>	0
<i>textilindustrie 4.0</i>	2	<i>textilindustrie 4.0</i>	1
<i>industrie 4.0</i>	21100	<i>industrie 4.0</i>	603

*Pesquisa realizada no dia 28 de setembro de 2018.

Este resultado ilustra que quando inseridas palavras relacionadas ao setor têxtil, como “têxtil” juntamente com o 4.0, o número de artigos publicados reduz consideravelmente. Verifica-se que, o termo “Indústria 4.0”, mesmo sendo tão discutido industrialmente, ainda é pouco estudado e compreendido pelo setor têxtil a partir de análises em bases de dados científicas. Como o termo com maior número de publicações é em inglês (“*industry 4.0*”), este foi analisado mais criteriosamente ao longo do tempo, como pode ser verificado nos gráficos 2 e 3, de acordo com as plataformas de pesquisa mencionadas.

Gráfico 2 – Número de publicações por período na plataforma Google Acadêmico

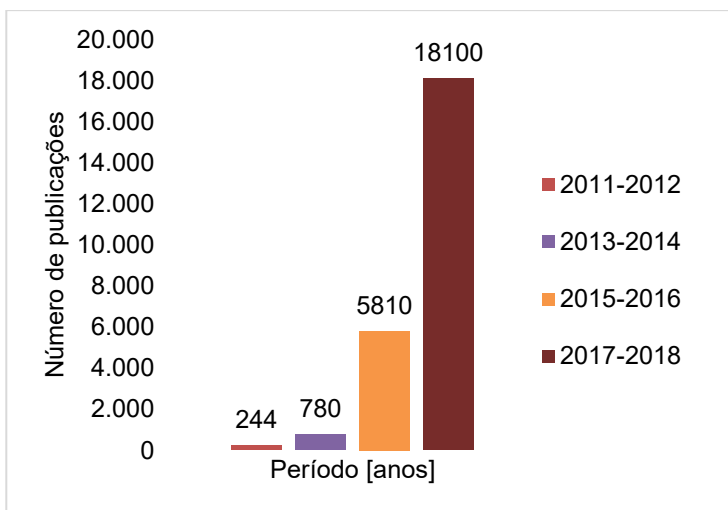
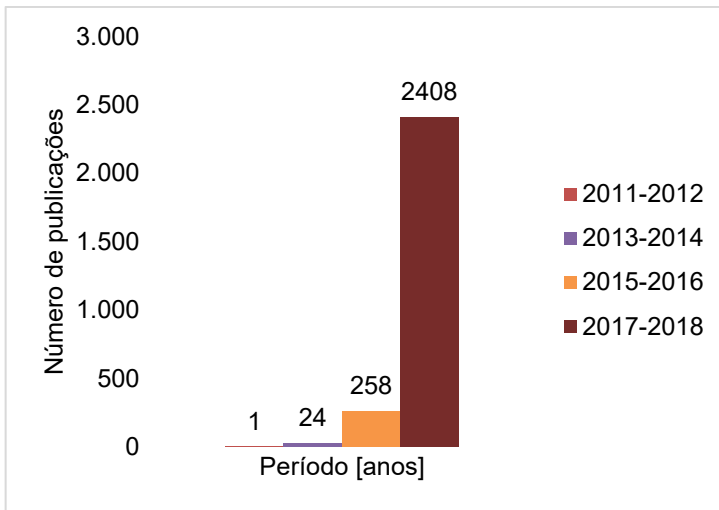
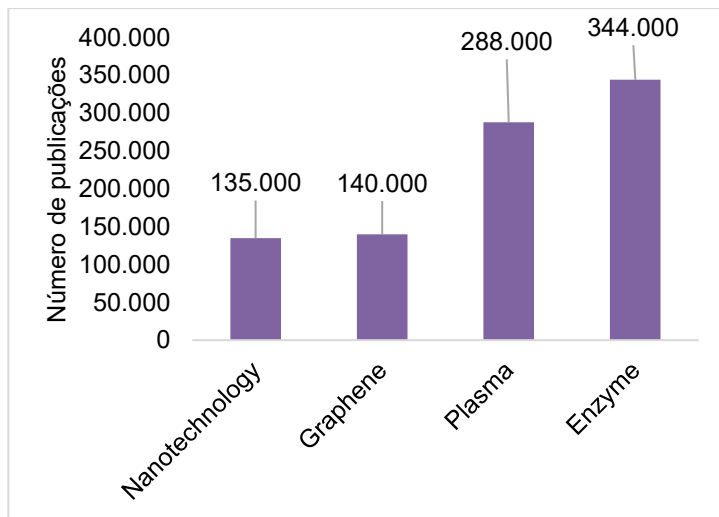


Gráfico 3 – Número de publicações por período na plataforma *ScienceDirect*



Observa-se um elevado crescimento em publicações científicas com o termo “Indústria 4.0”, ressaltando o quão atual é o assunto tratado e a importância do mesmo para os diversos segmentos industriais, principalmente nos últimos dois anos. Ainda que esta área de pesquisa apresente números de publicações maiores do que nos anos anteriores, este número ainda é reduzido quando comparado com os outros temas de grande relevância científica atual, buscados na plataforma Google Acadêmico, como por exemplo “nanotecnologia” e “grafeno”, pesquisados em inglês, “*nanotechnology*” e “*graphene*” (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Número de publicações de termos relevantes nos últimos dois anos na plataforma Google Acadêmico



*Pesquisa realizada no dia 31 de outubro de 2018.

Estes dados, quando comparados com os termos de “indústria 4.0”, possuem muito mais publicações na mesma plataforma de busca, confirmando assim, o grande potencial de desenvolvimento do tema estudado neste trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar os conceitos relacionados à Indústria 4.0 e relacioná-los especificamente com a indústria têxtil, uma vez que se trata da principal atividade econômica do Norte Catarinense e do Vale do Itajaí e a segunda a nível nacional.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Desenvolver, aplicar, analisar e comparar questionários voltados ao tema Indústria 4.0 à profissionais do setor têxtil e a alunos de graduação em engenharia da UFSC-BNU;
- b) Esclarecer conceitos voltados a questões do trabalho, avaliar sua transformação, ganhos e perdas;
- c) Desenvolver um mapa de inovações a partir das tecnologias estudadas, com sugestões inovadoras para o setor têxtil;
- d) Criar um modelo de Indústria têxtil 4.0 para o setor de malharia.

3 ESTADO DA ARTE

Esta seção apresenta o embasamento teórico relacionado às tecnologias emergentes de Indústria 4.0 e as transformações que este fato ocasiona dentro da organização e na sociedade.

3.1 HISTÓRIA DAS TECNOLOGIAS

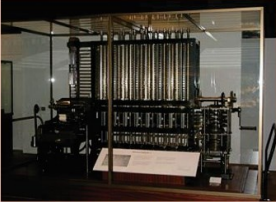
A história do homem está intimamente relacionada à história das técnicas, ou seja, a transformação de objetos encontrados na natureza em utensílios diferenciados para novas finalidades, como por exemplo a transformação de ossos de animais em instrumentos de caça. Em outras palavras pode-se afirmar que a tecnologia significa o estudo da técnica. A partir do entendimento de novos artifícios, é que o homem seja capaz de transformar objetos, lugares, e formas de viver em sociedade, desenvolvendo concomitantemente a tecnologia. Conforme as técnicas foram sendo criadas e compreendidas, estas foram também sendo aprimoradas, ano após ano, até o alcance das tecnologias digitais (VERASZTO et al., 2009).

Antes de ser definida como a quarta revolução industrial, diversas tecnologias já eram utilizadas, de forma individual ou conectadas com outras, com a finalidade de melhorar processos industriais. Um breve histórico é apresentado na figura 2, para ilustrar os avanços das tecnologias no decorrer dos anos.

Figura 2 – Principais tecnologias desenvolvidas ao longo do tempo

LINHA DO TEMPO: TECNOLOGIAS

1822 - Primeiro computador mecânico




É desenvolvida por Charles Babbage a primeira máquina computacional automática, capaz de calcular conjuntos de números e realizar cópias dos resultados, conhecido como *Difference Engine*

1960 - A invenção da internet


Surge, no final da década de 1960, nos EUA, o primeiro protótipo da internet, marcado pela criação da ARPANET e caracterizada por permitir que vários computadores se comunicassem em uma mesma rede

1961 - Primeiro robô



É criado o primeiro robô, chamado 'Unimate' que consistia em um braço mecânico com a finalidade de mover peças metálicas em elevadas temperaturas

1973 - É inventado o telefone portátil (celular)



Martin Cooper realiza um telefonema com o primeiro telefone portátil, criado em Nova York, e se tornou o DynaTAC 8000x, o primeiro celular comercial do mundo

1975 - Primeiro conceito de 'realidade aumentada'



O americano Myron Krueger desenvolveu a primeira interface de realidade virtual em forma de um 'videoplace' que permitia a seus usuários manipular e interagir com objetos virtuais

1983 - Primeira impressora 3D

Desenvolvida, por Chuck Hull, a primeira impressora que imprime tridimensionalmente, conhecida como 'tecnologia de rápida prototipagem'



1999 - Descoberta do termo 'Internet das Coisas'

Kevin Ashton cita pela primeira vez o termo 'Internet das Coisas' em sua apresentação para a empresa P&G

2000 - Pela primeira vez utiliza-se a computação em nuvem



Primeira utilização da tecnologia de computação em nuvem, com o lançamento da Amazon Web Services®

2011 - É conceituado o termo "Indústria 4.0"

O termo 'Indústria 4.0' é citado pela primeira vez na Alemanha como uma iniciativa estratégica de alta tecnologia para 2020

Fonte: (ASHTON, 2010; DIFTLER et al., 2011; GILCHRIST, 2016; KAMBLE; GUNASEKARAN; SHARMA, 2018; KRUEGER, 1985; ZHANG; CHENG; BOUTABA, 2010).

Como pode ser visualizado na figura 2, a descoberta e o desenvolvimento de tecnologias que motivaram a revolução 4.0

começou há cerca de 70 anos, e são estudadas até os dias atuais com prospecção de elevado crescimento para os próximos anos.

3.2 INDÚSTRIA 4.0

A indústria 4.0 pode ser definida como uma nova configuração de organização e controle sobre toda a cadeia de valor e ciclo de vida dos produtos, com a capacidade de atender clientes cada vez mais individualizados, personalizando itens com diferentes e atrativos *designs* (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018).

Existem várias outras definições para este termo; algumas afirmam que “a Indústria 4.0 está tornando a indústria de manufatura totalmente informatizada”; ou ainda, que “torna a produção industrial virtualizada” (GILCHRIST, 2016). Dentre os vários significados, é certo que a Indústria 4.0 é um incentivo a empresas para acompanharem o ritmo acelerado de tecnologias inovadoras e usufruir dos seus benefícios.

Muitas vezes a Indústria 4.0 é referida como a quarta revolução industrial. É a partir deste conceito que surgem as fábricas inteligentes, onde o avanço de diversas tecnologias emergentes, aplicadas de forma conectada, constituem o termo, conforme Figura 3. Fazem parte destas tecnologias: análise de dados (*big data*), Internet das coisas (IoT), manufatura aditiva, robótica, simulação, realidade aumentada entre outras.

Figura 3 – Tecnologias emergentes que estimularam a Indústria 4.0



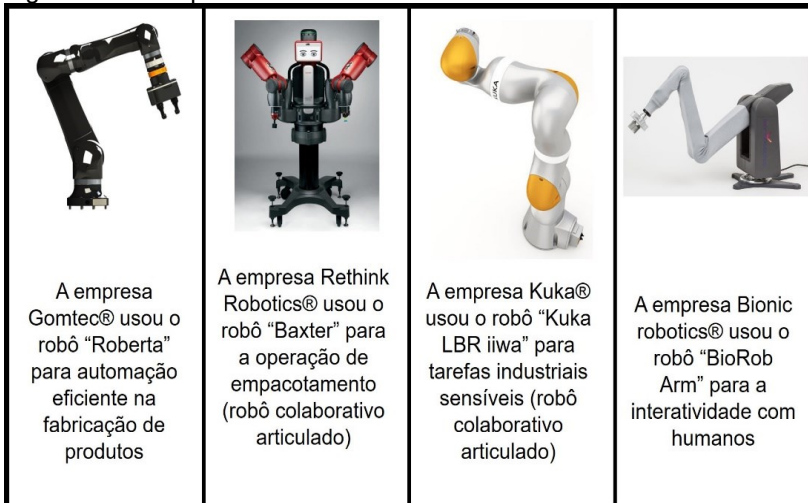
Fonte: Adaptado de GILCHRIST, 2016.

Existem várias tecnologias que podem ser aplicadas ao conceito de Indústria 4.0. Estas tecnologias costumam ser conectadas entre si a fim de promover um melhor desempenho. A seguir são apresentadas algumas destas tecnologias.

3.2.1 Robótica

Os conceitos de robótica estão inseridos em várias aplicações, bem como em robôs autônomos, que auxiliam em processos onde são necessários elevados índices de precisão; ou onde os profissionais são restritos em decorrência das exigências do próprio processo (MOKTADIR et al., 2018). Um robô é definido como “dispositivo automático com conexões de alimentação (*feedback*) entre os sensores, atuadores e o ambiente sem que haja a ação de controle direto do ser humano para a realização das tarefas” (RIA, 2017). Nestas situações, os robôs demonstram flexibilidade durante o processo produtivo, além de interagir com outros equipamentos e operadores (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018). Alguns exemplos verificados na literatura são apresentados na figura 4.

Figura 4 – Exemplos de robôs industriais



Fonte: Adaptado de (GERBERS et al., 2016; LENS et al., 2010; MICHALOS et al., 2018)

Os robôs são classificados de acordo com a configuração que lhes fornecem graus de liberdade. Ou seja, as possibilidades de deslocamentos lineares e angulares de suas partes para a execução de atividades, que podem ser (MICHALOS et al., 2018):

- a) robô de coordenadas cartesianas ou pórtico: de utilização industrial, cujos três eixos principais de controle são lineares (movem-se em linha reta). Seus eixos possuem ângulos retos entre si. É utilizado geralmente na manipulação e posicionamento de objetos em superfícies planas, com paradas muito precisas;
- b) robô articulado ou antropomórfico: de utilização industrial, que possui três eixos de rotação, configuração esta que permite maior mobilidade ao robô. Este é um dos robôs mais utilizados industrialmente devido a sua flexibilidade;
- c) robô paralelo ou delta: de utilização industrial, constituído de três ou quatro braços e um punho que se une aos "braços". Muito utilizado para processos de separação, apanhamento e montagem de pequenos

componentes. Suas principais vantagens são velocidade e precisão de movimentos. É utilizado em linhas de produção com outros robôs desta configuração, onde cada um executa uma função diferente.

Na indústria 4.0, destacam-se os robôs colaborativos que estão adaptados e preparados para trabalhar de maneira cooperativa e segura com os seres humanos. Esses robôs são a materialização da interação entre os mundos *cyber*-físico e biológico (GERBERS et al., 2016). Este é um robô articulado, dotado de sensores em seus eixos, projetado para aprender e se adaptar a novas tarefas, conforme necessário, como se fosse um colega de trabalho. Já os robôs autônomos, são capazes de operar em ambientes desestruturados sem contínuo ou explícito controle humano de seus movimentos. Recebem informações do ambiente, se deslocam de um ponto ao outro sem assistência humana e evitam situações perigosas para eles e para os humanos. Suas características são agilidade, integração e assertividade (MICHALOS et al., 2018).

3.2.2 Simulação

Refere-se à projeção dos processos definidos em projetos. Simulações bidimensional (2D) e tridimensional (3D) são amplamente utilizadas na indústria para representar o tempo de processo, *set up*, ergonomia, questões ambientais diversas, consumo de energia, eficiência, entre outros. Tem como objetivo reduzir custos relacionados a produção, ao de tempo de parada de máquina, a geração de resíduos e falhas durante a produção (MOKTADIR et al., 2018).

3.2.3 Internet das Coisas

Conceitos relacionados a IoT podem ser definidos como uma internet industrial na qual todos os seus componentes e tecnologias de comunicação são integrados para facilitar o sistema de produção, proporcionando um planejamento inteligente e controle dos equipamentos envolvidos durante o processo – além de também permitir o compartilhamento de dados

e informações para a execução de tarefas (MOKTADIR et al., 2018). Estima-se que o impulso financeiro causado pelo desenvolvimento da IoT no Brasil será entre US\$ 50 e 200 bilhões em 2025 (BNDES, 2018).

3.2.4 Manufatura aditiva

Com o intuito de produzir pequena quantidade de produtos, e conseqüente reduzir estoques, tempo e desperdícios, além de proporcionar diferenciação em *design*, a manufatura aditiva faz uso de tecnologias agregadas (MOKTADIR et al., 2018), destacando-se o uso da impressão 3D na prototipagem rápida durante o desenvolvimento de produto (GILCHRIST, 2016).

3.2.5 Realidade aumentada

O uso da realidade aumentada proporciona uma comunicação entre o objeto (máquina) e o operador, facilitando o trabalho e reduzindo muito o tempo de operação/reparo de algum equipamento (MOKTADIR et al., 2018). Esta tecnologia vem sendo utilizada no processo produtivo para ampliar o acesso à informação sobre máquinas, equipamentos, produtos e processos.

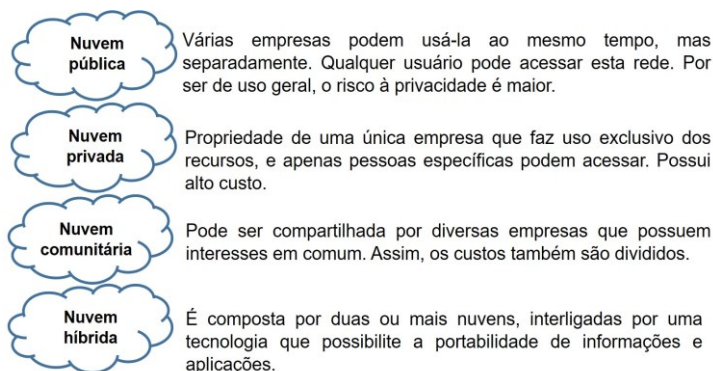
3.2.6 Processamento e Análise de dados

A obtenção e avaliação de dados provenientes de diferentes equipamentos, ou seja, dos sistemas de produção, ocorre para auxiliar a tomada de decisão em tempo real (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018). *Big data* refere-se aos dados que são grandes demais para serem gerenciados por bases de dados e ferramentas de processamento. Essas grandes estruturas de dados possuem ilimitadas fontes, como texto, formulário, fotografia, trilhas de GPS, entre outros. Este gerenciamento ocorre por meio de *softwares* específicos que fornecem relatórios e verificam tendências e correlações entre processos e máquinas (GILCHRIST, 2016). Para a indústria, o fator principal do uso desta tecnologia é, além do seu armazenamento de dados, a sua capacidade de processar e avaliar dados relevantes.

3.2.7 Computação em nuvem

Refere-se ao armazenamento de dados; os provedores deste tipo de serviço podem desenvolver nuvens privadas, adequadas para o armazenamento e o processamento dos dados (GILCHRIST, 2016). De maneira informal, pode-se imaginar como sendo um grande reservatório de recursos, que foi construído para se adaptar às necessidades de armazenamento de dados de seus clientes e estar disponível em tempo real por meio da internet. Assim, este termo pode ser entendido como sendo um modo pelo qual os usuários acessam, por meio da internet, os recursos computacionais disponíveis. Este é ainda classificado em quatro diferentes tipos, ilustrados na figura 5.

Figura 5 – Classificação da computação em nuvem



Fonte: Adaptado de (SIMÕES; KAMIENSKI, 2014).

A computação em nuvem é uma ferramenta fundamental na quebra de barreiras geográficas, aumento da conectividade e da geração de novas oportunidades para empresas de todos os portes e segmentos. Alguns exemplos comuns são os serviços de computação em nuvem oferecidos pelo Dropbox®, Apple®, Google®, entre outros.

3.2.8 Sistemas cyber-físicos

Compreendem tecnologias de sistemas embarcados, sensores, *hardware* e *software*. Os sistemas embarcados têm o objetivo de facilitar a interação integrada entre objetos físicos e elementos ou serviços computacionais; sensores são dispositivos úteis que coletam e transmitem as informações do processo de fabricação em tempo real para os computadores, por meio de sistemas *cyber-físicos*. Para isso, diferentes *softwares* são utilizados, computando os dados em tempo real, mantendo a segurança em termos de privacidade e controlando os equipamentos de *hardware*, que incluem: impressoras 3D, robôs, entre outros. Os sistemas *cyber-físicos* operam em uma plataforma IoT que combina máquinas inteligentes e autônomas, análises avançadas preditivas e colaboração homem-máquina para melhores resultados (KAMBLE; GUNASEKARAN; SHARMA, 2018).

Dentre os maiores interesses da indústria 4.0 estão: melhoria em sistemas de manufatura econômica e ambiental; maior produtividade e eficiência; melhoria na integração dos processos e na comunicação e cooperação das unidades de produção; melhora na prestação de serviços; redução de desperdícios; aprimoramento da logística e do planejamento de recursos. (KAMBLE; GUNASEKARAN; SHARMA, 2018).

Esta Era tem ainda como objetivo auxiliar na tomada de decisões de maneira rápida e eficiente, diretamente no chão de fábrica, onde dispositivos que coletam dados em tempo real podem fornecer resultados imediatos.

Pode-se também afirmar que a indústria 4.0 opera em virtualização, interoperabilidade, capacidade em tempo real e orientação de serviço. A combinação de todas estas características é o que torna a empresa uma indústria 4.0 (RAUCH; LINDER; DALLASEGA, 2019).

3.3 A CADEIA TÊXTIL

Historicamente, o setor têxtil brasileiro sempre utilizou a tecnologia como fator estratégico para acompanhar as mudanças em curso. A indústria têxtil está presente em praticamente todos os lugares pela necessidade primordial de vestir-se, e também de usos variados como, por exemplo, têxteis decorativos

(*homewear*), têxteis hospitalares (gazes, suturas, ataduras), têxteis militares, entre outros. Sendo assim, possui elevada importância em termos sociais, culturais, econômicos e políticos, de maneira a influenciar costumes e tendências (MAYUMI; FUJITA, 2015).

Esta indústria é também responsável por uma cadeia complexa, com diversas ramificações e possibilidades de diferentes produtos. Devido à estas divisões, o setor é também responsável pela geração de muitos empregos, sendo classificado no Brasil como o segundo maior empregador da indústria de transformação, ficando atrás apenas para a indústria de alimentos e bebidas juntos. Atualmente, o setor têxtil possui 1,5 milhão de empregados diretos e 8 milhões de indiretos, dos quais 75% são de mão-de-obra feminina, e é ainda o setor classificado como o 2º maior gerador do primeiro emprego, representando 16,7% dos empregos de toda a indústria da transformação (ABIT, 2018). A figura 6 apresenta as ramificações da indústria têxtil e uma breve descrição dos processos envolvidos.

Figura 6 – Diagrama da cadeia têxtil



Fonte: Autor (2018).

3.4 BARREIRAS NA IMPLANTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

A quarta revolução industrial já está alterando positivamente o cenário das indústrias de diferentes maneiras. No entanto, diversos fatores devem ser considerados durante o processo de adaptação a Indústria 4.0, conforme verifica-se no quadro 2.

Quadro 2 – Fatores limitantes e oportunidades

(continua)

Fator	Descrição	Oportunidade
Interrupções de emprego	Empregos atuais no setor manufatureiro tendem a ser automatizados	Empregos de manufatura tendem a ser substituídos por tarefas que exigem menos esforço físico do operador e maior empenho mental
Elevado custo de implementação	Difícil a implementação em pequenas e médias empresas, devido ao elevado investimento inicial	Possibilidade de adquirir/implementar pequenas atividades para futuramente ampliar as possibilidades
Mudanças organizacionais e processuais	As funções na organização devem mudar e serem descentralizadas	A tomada de decisão ficará a nível de chão de fábrica, possibilitando rápidos processos (diminuição do tempo de <i>setup</i>) e não mais necessitando de extensas reuniões para decidir situações que podem ser previstas
Necessitar de habilidades aprimoradas	Gestão de recursos humanos deve focar em qualificação da mão de obra. A implementação e uso das tecnologias exigem conhecimentos que abordam várias disciplinas	Estímulo ao conhecimento, compreensão de novas técnicas, capacidade de desenvolver novas habilidades e propostas

Quadro 2 – Fatores limitantes e oportunidades

(conclusão)

Carência de sistemas de gerenciamento de conhecimento	Habilidades técnicas abrangentes serão necessárias para alterar tarefas operacionais por atividades mais estratégicas	Previsão de demanda de emprego para áreas relativas associadas a análise de dados relacionados a otimização e previsão de demanda
Reduzido esclarecimento sobre os benefícios da IoT	A implementação da IoT em novos negócios está relacionada também a ganhos financeiros. Várias aplicações da IoT ainda estão em fase inicial de desenvolvimento	Estudo da Internet das Coisas, proporcionando assim, novos desenvolvimentos industriais e profissionais capacitados
Carência de padrões em <i>layouts</i> de referência	Pelo fato do conceito ser recente, desenvolver um <i>layout</i> de empresa compatível a indústria 4.0 ainda é um desafio	Oportunidade de desenvolvimento de novos <i>layouts</i> , sem tantas limitações, e adequado para cada empresa. O planejamento de uma arquitetura adequada é essencial
Cobertura de internet e instalações de TI (Técnico de informática)	Insuficiência na estrutura de TI necessária para suportar a implementação da indústria 4.0. Ocorre devido à falta de cobertura de sinal em certas instalações	Estimula a necessidade de implantar sinal de internet no maior número possível de regiões
Segurança e privacidade	Elevada quantidade de fluxo de informações geradas, sendo uma ameaça à segurança cibernética	Estimula a necessidade de implantar sistemas de <i>back-up</i> ou outros modelos para garantir a segurança virtual

Fonte: Adaptado de (KAMBLE; GUNASEKARAN; SHARMA, 2018).

Muitas das limitações vão além da capacidade da empresa, estando relacionadas a questões legislativas e até de cobertura de sinal em áreas isoladas. Mas, a partir da necessidade mais intensiva da utilização das tecnologias, fazendo com que estejam cada vez mais presentes e tornem-se quase que imprescindíveis (em termos de ganho na concorrência de produtos), estas – hoje barreiras – estão próximas a serem resolvidas (KAMBLE; GUNASEKARAN; SHARMA, 2018).

3.4.1 O fator humano

Em todas as revoluções já passadas, ocorreram transformações no trabalho dos profissionais. No início, os produtos eram fabricados muitas vezes manualmente, e conforme as tecnologias foram se desenvolvendo, surgiram máquinas, computadores, e outros equipamentos, e com estes, apareceram os operadores de máquinas, os técnicos de informática, e outras profissões oriundas da necessidade da operabilidade de novas tecnologias (RIBEIRO, 2017).

Com o surgimento da era digital, ou Indústria 4.0, percebeu-se que muitas atividades podem ser transformadas ou alteradas, como por exemplo, atividades repetitivas sendo executadas por robôs e atividades de logísticas sendo alteradas por esteiras automáticas. Este fato desencadeou muitas discussões a respeito de uma possível geração de “desemprego” nos próximos anos, resultantes das tecnologias desenvolvidas (EDWARDS et al., 2016; ZANAKI, 2018).

Segundo Susskind, esta mudança pode ser percebida, pois há 300 anos, predominantemente a população trabalhava em atividades relacionadas ao cultivo da terra. Há 150 anos, a maior parte das pessoas trabalhava em fábricas. Hoje, grande parte trabalha em escritórios (SUSSKIND, 2018).

O ponto crucial é que atualmente caminha-se para uma era de mudanças tecnológicas irreversíveis, e neste âmbito, alguns pesquisadores afirmam que alguns trabalhos irão desaparecer ao mesmo tempo que novos empregos irão surgir.

No entanto, as tecnologias podem também auxiliar os profissionais. Um exemplo a ser citado refere-se à utilização do *software* Audaces®, que tem como objetivo auxiliar o modelista; ou o *software* AutoCAD®, que facilita o trabalho do projetista. Isto não gera desemprego e ainda, promove rapidez, segurança e

confiabilidade do processo. Ainda, destaca-se neste momento o fato de que a digitalização reduz o esforço físico humano, diminuindo o espaço físico necessário para arquivar protótipos, e possibilita o engrandecer do pensamento humano (RIBEIRO, 2017).

As mudanças na nova configuração empregatícia podem ser relacionadas com o aumento da complexidade dos processos de manufatura, tornando as produções mais flexíveis e diversificadas, reduzindo lotes e proporcionando tempo de entrega mais rápidos. A implementação de sistemas digitais também provoca mudanças, uma vez que exige um maior nível de qualificação do operador (RIBEIRO, 2017).

De acordo com pesquisadores e futuristas, o Quadro 3 apresenta possíveis profissões que poderão deixar de existir e outras que surgirão, estimadas para os próximos 5 a 30 anos.

Quadro 3 – Empregos do futuro: possibilidades

(continua)

Empregos que poderão se extinguir		Possibilidades de novos empregos	
Piloto de avião	A função promete ser automatizada entre 2025-2030	Detetive de dados	Este profissional deverá gerar respostas e recomendações a partir da análise dos dados
Anestesista	Profissão pode ser automatizada em meados de 2025	Facilitador de tecnologias de informação	O profissional deverá criar flexibilidade dos usuários com o uso de aplicativos e infraestrutura desenvolvida na empresa ou na nuvem
Contadores e auditores	Automatização prevista para 2030	Gerente de desenvolvimento de negócios – inteligência artificial	Aptidão com os avanços tecnológicos, área de marketing e vendas

Quadro 3 – Empregos do futuro: possibilidades

(conclusão)

Assistente jurídico	Soluções com inteligência artificial em até 2020	Analista de <i>cyber</i> -cidade	Informações relacionadas as cidades, dados de cidadãos, recursos dos municípios e fluxo de atividades
		Gerente de equipe homem-máquina	Identificar tarefas, processos, sistemas e experiências
		Alfaiate digital	Este profissional se conecta com o consumidor, coleta suas medidas, e faz a roupa exata e depois a envia por correios. O contato é realizado <i>online</i> , em plataforma <i>e-commerce</i>
		Especialista em computação em nuvem	O armazenamento de dados também exigirá um profissional para administrá-los, analisá-los e sugerir boas oportunidades
		Gestor de <i>Big data</i>	Entender a armazenagem de dados, identificar e analisar o conteúdo das informações, direcionando para diferentes departamentos da empresa

Fonte: Adaptado de (WILSON, 2013).

Estima-se ainda que, com o rápido compartilhamento virtual de informações que a quarta revolução industrial proporciona, será muito mais fácil e rápido a compreensão de conceitos e assuntos, e uma expectativa futura é de que um mesmo indivíduo poderá atuar em diferentes áreas, como por exemplo, ser engenheiro e designer, ou advogado e contador. Diversos entendimentos já são facilitados por serem gratuitos e *online*, como tutoriais postados em redes sociais, que permitem tirar dúvidas para que o indivíduo desenvolva uma nova habilidade (SUSSKIND, 2018).

É importante ressaltar que dificilmente o ser humano vence as máquinas em velocidade e volume, mas pode vencê-las em situações inovadoras. As máquinas ainda têm pouca capacidade de inventar novas coisas, e o processo de criatividade, seja em pequenas ocorrências, acontece com os humanos milhões de vezes ao dia (GOLDBLOOM, 2016).

Ressalta-se ainda, que a adoção de conceitos da indústria 4.0 na matriz produtiva brasileira pode gerar uma economia de R\$ 73 bilhões ao ano, distribuídos em:

- a) Redução de custos com reparos, em R\$ 35 bilhões anuais;
- b) Ganhos de eficiência produtiva, em R\$ 31 bilhões;
- c) Os R\$ 7 bilhões restantes referem-se à redução de gastos com energia. (ABDI, 2018).

Para que este cenário ocorra futuramente em condições ótimas, entende-se que existem quatro principais fatores que influenciam quanto ao bom andamento destas mudanças, que são: incentivos oriundos das organizações privadas; o incentivo próprio de estudo, ou seja, o indivíduo deve buscar informações acerca do tema e procurar se qualificar para o futuro digital; o incentivo público/governamental: o governo, pensando em educação, melhora da economia e qualidade de vida da população, incentivando o estudo e entendimento dos benefícios do investimento em tecnologias 4.0; e o incentivo proveniente das instituições de ensino: entende-se que as universidades devem promover aulas, palestras, cursos e congressos relacionados ao tema, a fim de incentivar os estudantes a se qualificarem quanto a este, e também outros temas inovadores e tecnológicos.

Vale salientar que já existem discussões a respeito da “Revolução 5.0”, que integra a inteligência humana junto da

inteligência artificial, afirmando que esta nova conjuntura ocorrerá quando profissionais estiverem aptos a lidarem com esta situação (ALVARENGA, 2018).

4 METODOLOGIA

A metodologia de estudo foi realizada por meio da aplicação de questionários, e em aprofundada revisão bibliográfica sobre tecnologias avançadas em processos industriais relacionados à Indústria 4.0, em relação ao setor têxtil.

Para tal, utilizou-se conceitos de processos de toda a cadeia têxtil, atrelados com a fundamentação de tecnologias emergentes da indústria 4.0.

4.1 ELABORAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS

Os questionários foram elaborados com perguntas direcionadas ao tema indústria 4.0, aplicados diretamente a profissionais que atuam na indústria têxtil, e com alunos de engenharia da Universidade Federal de Santa Catarina, campus Blumenau. Todos os questionários foram aplicados em forma física.

4.1.1 Questionários aplicados a alunos de engenharia

Um questionário contendo 5 perguntas foi elaborado e aplicado a 50 alunos de graduação em engenharia da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau. A pesquisa ocorreu entre os meses de outubro e novembro de 2018. No Apêndice A é apresentado o questionário desenvolvido para os alunos de engenharia.

4.1.2 Questionários aplicados a profissionais do segmento têxtil

Um questionário contendo 14 perguntas foi elaborado e aplicado a 70 profissionais ligados ao setor têxtil, nacionais e internacionais, presentes em eventos têxteis, como feiras e congressos. Esta pesquisa foi realizada em agosto de 2018. No Apêndice B é apresentado o questionário desenvolvido para estes profissionais.

Para ambos os questionários, foi realizado um estudo prévio para validação sobre o entendimento e interpretação das perguntas contidas nos mesmos.

4.2 DESENVOLVIMENTO DE SUGESTÕES INOVADORAS PARA INDUSTRIALIZAÇÃO 4.0 NO SETOR TÊXTIL

De acordo com as tecnologias de indústria 4.0 estudadas e conhecimentos adquiridos no decorrer da graduação relacionados ao setor têxtil, desenvolveu-se sugestões inovadoras visando melhorias de processos têxteis, sugerindo como uma empresa pode se adequar à quarta revolução industrial e como ela pode se programar para esta mudança, e ainda, o acompanhamento e monitoramento dos resultados de produção após a aquisição de novas tecnologias 4.0.

A sugestão de configuração de Malharia 4.0 foi ilustrada no *software Factory IO*.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do trabalho são apresentados nos tópicos 5.1, 5.2 e 5.3 com posterior discussão argumentada.

5.1 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS

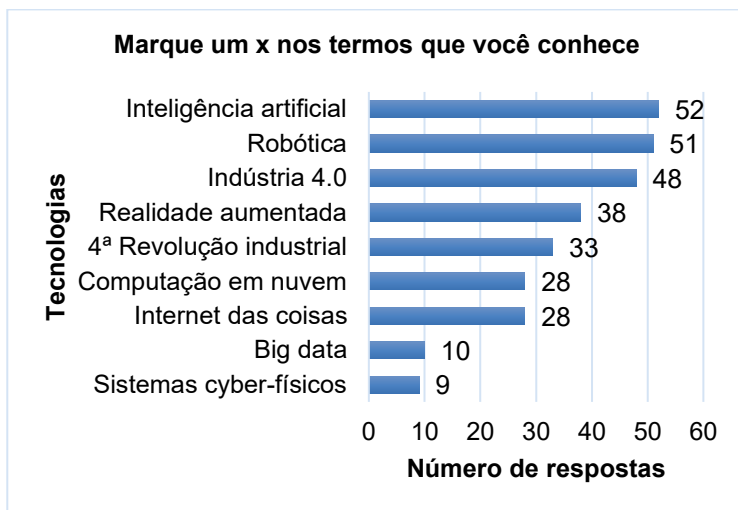
A realização da pesquisa de campo por meio de questionários proporcionou um diagnóstico atual realístico e específico. Estes resultados são apresentados, discutidos e comparados entre questionários com alunos de engenharia e profissionais do setor têxtil.

5.1.1 Questionário aplicado a alunos de engenharia

Os questionários foram aplicados a 30 alunos da Engenharia Têxtil, 15 alunos da Engenharia de Materiais e 11 alunos da Engenharia de Controle e Automação. As análises dos questionários aplicados foram realizadas e apresentadas graficamente e seguidos de discussão.

Assim, a primeira pergunta realizada foi: “Marque um x nos termos que você conhece”, a fim de analisar o conhecimento dos acadêmicos acerca dos termos. Esta análise é observada no gráfico 5, onde na sua base, verifica-se que apenas 9 e 10 entrevistados conhecem os termos “sistemas *cyber*-físicos” e “*Big Data*”, respectivamente. Os termos de maior conhecimento por entre os estudantes de engenharia são: inteligência artificial e robótica. Estes temas estão atualmente sendo bastante apresentados em diversas mídias, como filmes, séries, livros, entre outros.

Gráfico 5 – Conhecimento dos termos



Fonte: Autor (2018).

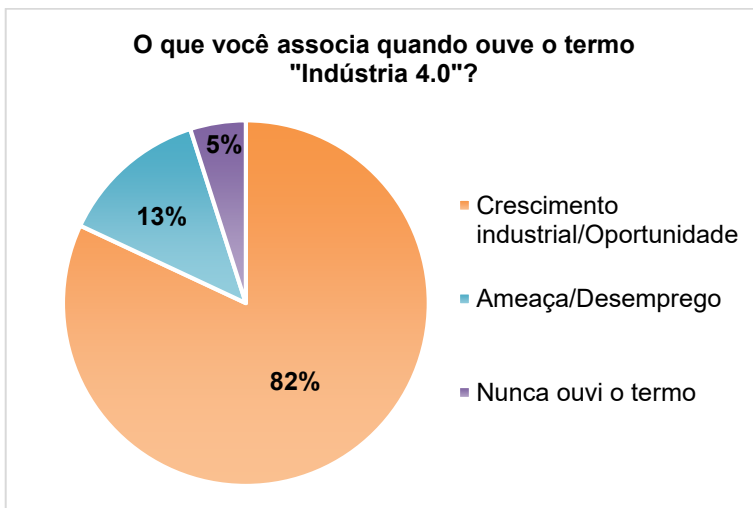
Acredita-se que o baixo percentual referente ao conhecimento de termos seja afetado também pelo baixo índice de entrevistados do curso de Engenharia de Controle e Automação (11) quando comparados aos dos outros cursos, pois este curso possui disciplinas voltadas exclusivamente ao uso destas tecnologias – tais como sistemas digitais, introdução à robótica industrial e automação da manufatura - e então acredita-se que para estes alunos o conhecimento relacionado a estes tópicos seja mais evidente.

Tendo em vista que os cursos de engenharia estão intimamente ligados a tecnologias, é questionável o baixo índice de conhecimento dos outros termos, apresentados no gráfico 5. Possíveis causas para esta ocorrência podem ser o baixo interesse e/ou incentivo à eventos científicos da área, palestras, semanas acadêmicas, entre outros. Por conta disso, verificou-se os Projetos Pedagógicos de cada curso de engenharia (disponíveis no site da Universidade) e notou-se que nenhum dos planos apresenta o tema “indústria 4.0” nos seus respectivos documentos.

A segunda pergunta realizada aos estudantes foi: “O que você associa quando ouve o termo “Indústria 4.0”?”. De acordo com o gráfico 6, verifica-se que 82% da população entrevistada

acredita que o termo “Indústria 4.0” indica um crescimento industrial/oportunidade. A maioria dos estudantes fazem esta associação, pois refere-se a um tema tratado como inovador e tecnológico, e, sabe-se que muitas empresas estão atualmente investindo nas tecnologias envolvidas na Indústria 4.0. Apenas 5% afirmaram que nunca ouviram este termo. Mesmo sendo este um percentual pouco expressivo, é considerável ao se observar que com a quantidade de informação *online* e gratuita disponível atualmente (via internet), e a atualidade do assunto, ainda existam indivíduos que ainda não ouviram o termo.

Gráfico 6 – Associação do termo “Indústria 4.0”



Fonte: Autor (2018).

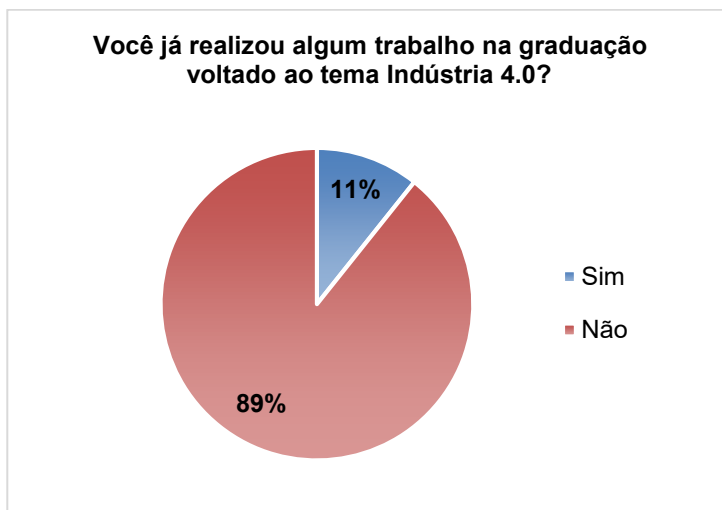
Analisando ainda o gráfico 6, nota-se que 13% dos entrevistados associa a Indústria 4.0 a ameaça/desemprego. Apesar de não ser um percentual elevado, este resultado provavelmente pode indicar uma carência de questionamento conceitual, histórico e filosófico acerca do tema por parte de alguns alunos. O que ocorre é que muitas vezes, até mesmo devido à grande quantidade de informação acessível, lê-se referências sem a devida atenção ou ainda, informações falsas/duvidosas. Considerando que a internet é alvo de reportagens e publicações oriundas de milhares de usuários, uma sugestão seria a análise profunda do material exibido e o questionamento do mesmo. Quando se investiga e

busca-se mais informações a respeito de determinado assunto, conseqüentemente os indivíduos tornam-se mais capazes a opinar e discutir sobre o tema de forma mais segura e assertiva.

Da mesma forma, sabe-se que nem todos os alunos que responderam a opção “crescimento industrial/oportunidade” realizaram esta profunda análise sugerida. Muitos apenas associam o termo por conta de já conhecerem um pouco mais a respeito ou por intuição.

A terceira pergunta referia-se ao seguinte questionamento: “Você já realizou algum trabalho na graduação voltado ao tema Indústria 4.0?”. Desta forma, observa-se que o gráfico 7 também contribui com esta análise, uma vez que o elevado percentual de alunos que nunca realizaram nenhum trabalho de graduação voltado ao tema, pode ser parte dos entrevistados que acreditam que a Indústria 4.0 é associada com ameaça/desemprego.

Gráfico 7 – Incentivo ao estudo do tema



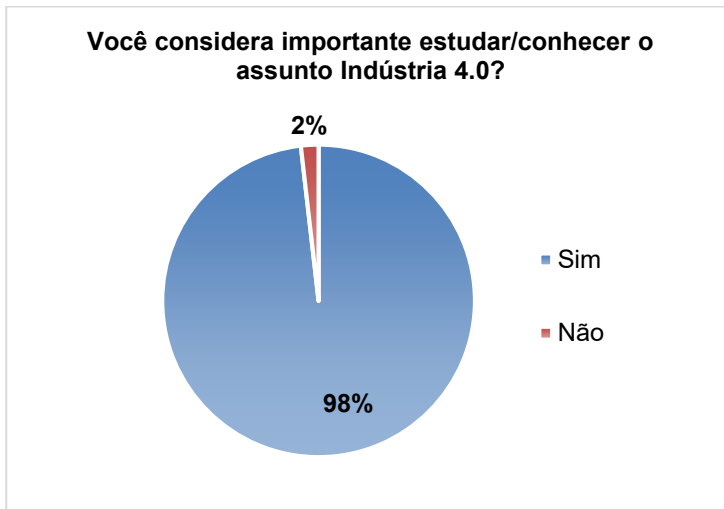
Fonte: Autor (2018).

A familiarização de termos atuais e tecnológicos, quando tratados em sala de aula, ampliam os horizontes dos estudantes e os fazem investigar acerca dos mais diversos assuntos.

A quarta pergunta tratada no questionário aos estudantes era relativa a importância em se estudar/conhecer o assunto Indústria 4.0. Assim, o gráfico 8 apresenta resultados relacionados

a opinião pessoal dos alunos quanto ao tema. A partir dos resultados obtidos, verifica-se que 98% dos acadêmicos de engenharia acreditam que este assunto é importante de ser estudado e/ou conhecido.

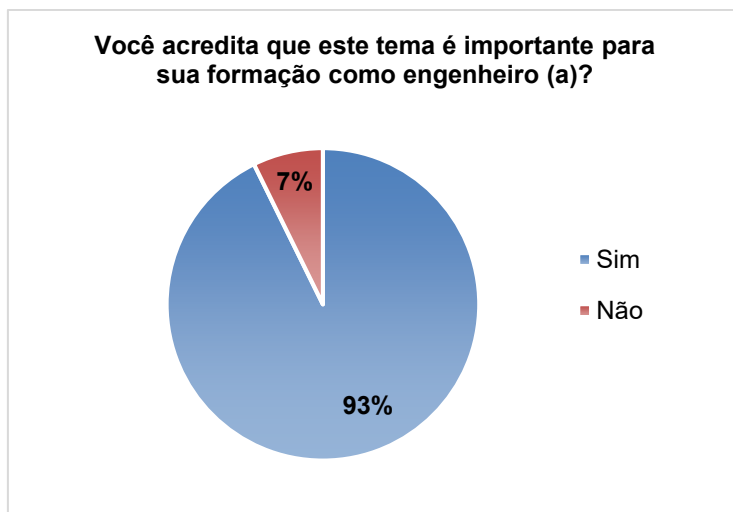
Gráfico 8 – Opinião dos estudantes em relação ao tema



Fonte: Autor (2018).

Tratando-se sobre a importância do tema para sua formação como engenheiro, o gráfico 9 ilustra que somente 7% dos discentes entrevistados acreditam que o tema Indústria 4.0 não é importante para a sua formação como engenheiro. Apesar deste percentual ser reduzido, este fato provavelmente pode se justificar pois alguns entrevistados acreditam que os assuntos considerados importantes para a sua formação técnica propriamente dita estão relacionados unicamente às disciplinas da sua respectiva grade curricular, principalmente quando relacionadas às específicas de cada curso.

Gráfico 9 – Opinião dos alunos em relação à importância do tema à sua formação



Fonte: Autor (2018).

No entanto, o maior percentual (93%) afirmou que considera importante o conhecimento do tema Indústria 4.0 para a sua formação como engenheiro (a). Observando os gráficos 8 e 9, notou-se que de 2% da população entrevistada não acredita que este tema é relevante, e 7% acredita que não é importante para sua formação como engenheiro (a). Ou seja, existem indivíduos que afirmam que o tema é considerável para sua formação pessoal, mas não profissional.

Vale ressaltar ainda a imensa importância em discutir em sala e/ou incentivar o aluno na busca de novas tecnologias, temas atuais e/ou eventos da área. Para tal, a universidade promove diversos eventos científicos, como congressos, feiras, simpósios, colóquios e rodas de discussão, onde tais assuntos podem ser discutidos.

5.1.2 Questionário aplicado a profissionais têxteis

Os dados foram analisados e apresentados em forma de gráficos e são posteriormente discutidos conforme os fatores pertinentes junto ao tema abordado.

A primeira pergunta realizada foi: “Sua empresa possui robôs?”, e a segunda pergunta: “Quanto sua empresa deseja investir em tecnologia e/ou robotização nos próximos 12 meses?”. Dessa forma, os gráficos 10 e 11, respectivamente, mostraram que apenas 27% das empresas têxteis entrevistadas possuem robôs, e que 46% não pretendem investir em tecnologia e ou robotização no próximo ano. É importante ressaltar que o investimento ideal não consiste essencialmente na compra de um robô. A análise depende de cada processo e também da principal mudança desejada dentro da organização. No entanto, a robotização tem facilitado os mais variados processos, pois pode atuar de forma segura e rápida. Além disso, os robôs podem estar expostos a situações severas sem correr riscos, como ocorreria no caso da exposição de um ser humano, seja a elevadas temperaturas e a diversos agentes químicos, como corantes, auxiliares, entre outros (LUIZA; COMPER; PADULA, 2013).

Gráfico 10 – Percentual de empresas que já possuem robôs

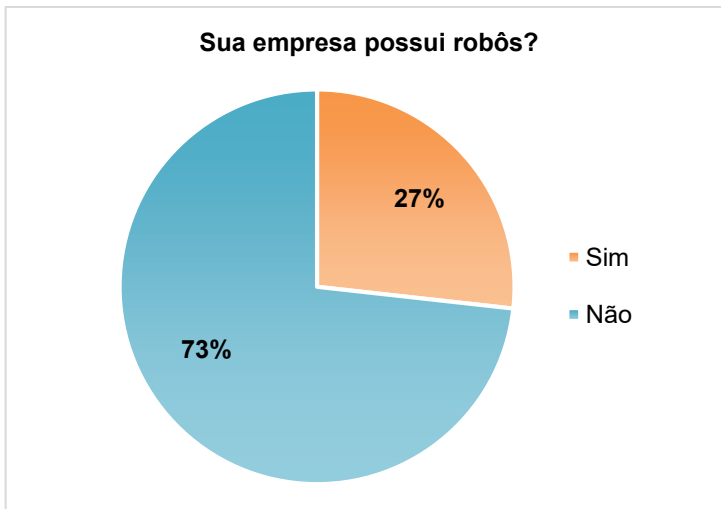
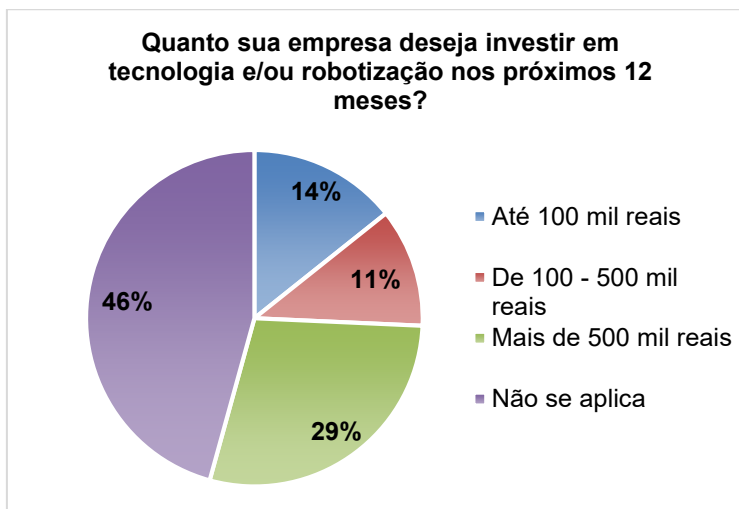


Gráfico 11 – Panorama de investimentos

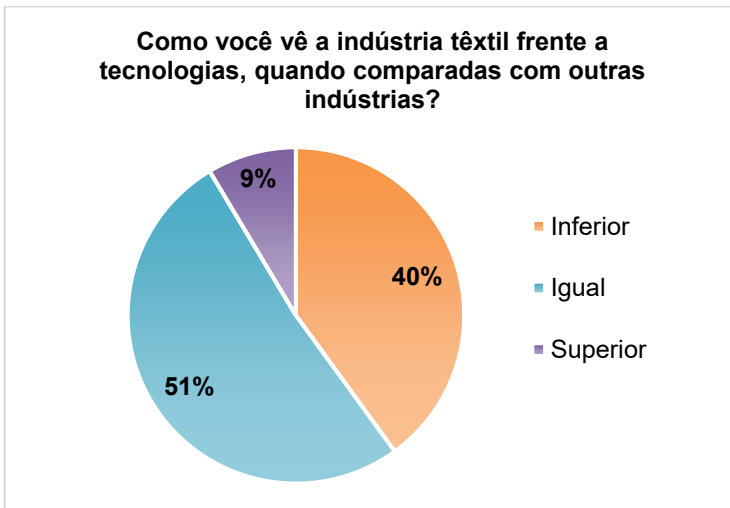


Fonte: Autor (2018).

O que pode ocorrer, muitas vezes, é a falta de conhecimento que determinada tecnologia oferece. Neste caso, vale ressaltar a importância da qualificação dos profissionais envolvidos, bem como do interesse a novas técnicas e suas possibilidades, para que o investimento seja realizado de forma planejada, segura, e que traga os benefícios esperados.

A terceira pergunta questionada foi: “Como você vê a indústria têxtil frente a tecnologias, quando comparada com outras indústrias?”. A partir dos resultados obtidos, verificados no gráfico 12, é constatado que apenas 9% dos profissionais entrevistados acreditam que a indústria têxtil nacional, quando comparada a outras indústrias, é superior em termos de tecnologias, e mais da metade dos entrevistados esperam ser igual. Isto indica que existe uma grande oportunidade para o setor têxtil brasileiro se destacar no desenvolvimento e uso das tecnologias emergentes, citadas anteriormente. A utilização de tais tecnologias pode proporcionar um avanço na criação de produtos/processos têxteis inovadores, possibilitados e/ou facilitados pela era da digitalização.

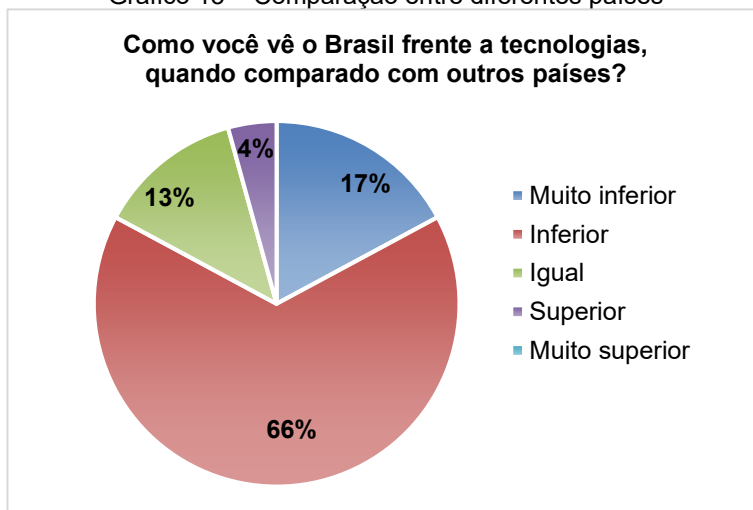
Gráfico 12 – Análise comparativa entre indústrias



Fonte: Autor (2018).

O quarto questionamento levantado para os profissionais da área têxtil foi: “Como você vê o Brasil frente a tecnologias, quando comparado com outros países?”. A partir desta análise, observando o gráfico 13, verifica-se que similar comparação foi realizada com a terceira pergunta (Gráfico 12), percebendo-se que 40% acredita que a indústria têxtil é inferior; e no gráfico 13 nota-se que nenhum entrevistado afirmou que o Brasil é muito superior em termos de tecnologia, quando comparado com outros países, a nível global. Ainda, apenas 4% acreditam que o Brasil é superior, e a grande maioria (66%), afirmou ser inferior.

Gráfico 13 – Comparação entre diferentes países



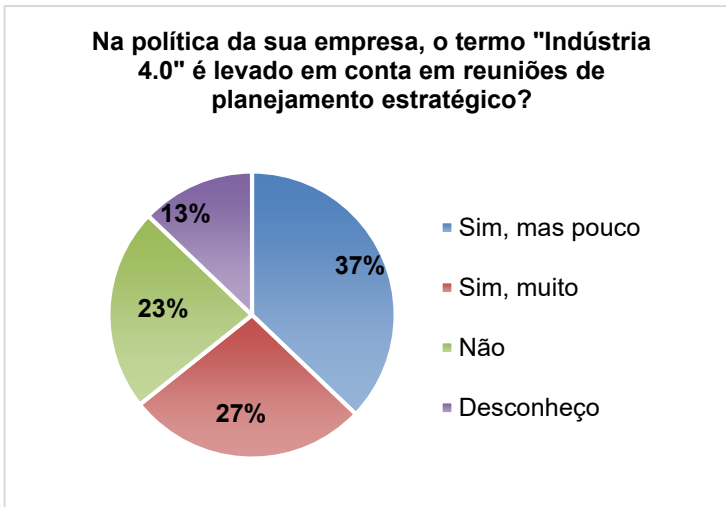
Fonte: Autor (2018).

Considerando que de acordo com a quantidade de empresas internacionais entrevistadas (verificadas pelo seu nome no questionário preenchido), 24% da população entrevistada não possui nacionalidade brasileira, e a confiabilidade deste número é elevada, uma vez que os indivíduos participantes da pesquisa, além de visitarem vários países, estando em contato com diversas indústrias têxteis pelo mundo, também possuem conhecimento em economia a nível global. Acredita-se que muitos estejam comparando o Brasil com países da Europa, que é líder em tecnologia e desenvolvimento industrial, por isso, o maior percentual para a resposta “Inferior”.

O gráfico 14 refere-se a seguinte pergunta: “Na política da sua empresa, o termo “Indústria 4.0” é levado em conta em reuniões de planejamento estratégico?”, e a partir desta, analisou-se os resultados obtidos, e dentre os 70 profissionais entrevistados, apenas 19 (10 internacionais e 9 nacionais) afirmaram que consideram o termo “Indústria 4.0” em reuniões de planejamento estratégico. Sem dúvida, este é um dos motivos do lento processo de desenvolvimento da industrialização da área têxtil brasileira, uma vez que adaptar sua empresa para a era digital envolve um longo planejamento e um investimento financeiro inicial elevado. Para tal, verifica-se que é primordial realizar um planejamento financeiro estratégico, de forma que a

empresa consiga fazer investimentos em digitalização, robotização e automação em geral.

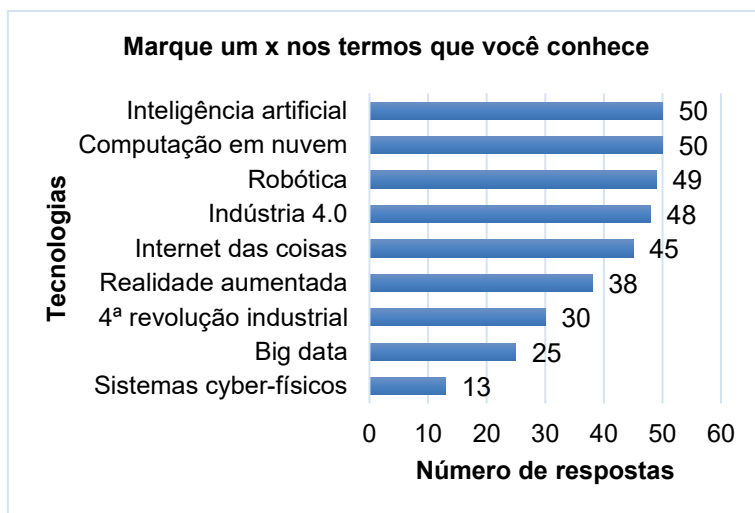
Gráfico 14 – Diagnóstico de planejamento industrial



Fonte: Autor (2018).

A aplicação do questionário também identificou que muitas das tecnologias emergentes são ainda desconhecidas para muitos profissionais do setor têxtil. Isto pode ser constatado a partir da sexta pergunta, onde foi solicitado para que o entrevistado identificasse as tecnologias que conhecia. O gráfico 15 ilustra os resultados obtidos.

Gráfico 15 – Análise de conhecimento dos termos relacionados a Indústria 4.0



Fonte: Autor (2018).

Neste sentido, apesar do índice de conhecimento dos termos inteligência artificial, computação em nuvem, robótica e Indústria 4.0, apresentados no gráfico 15 serem elevados, os sistemas *cyber-físicos*, que são basicamente os sensores, *softwares* e *hardwares*, são citados por apenas 13 pessoas. Acredita-se que muitos dos entrevistados ainda não têm conhecimento de que os sensores e *softwares* fazem parte do sistema chamado “*cyber-físico*”. Ainda, a tecnologia de *Big Data* e o termo quarta revolução industrial foram citados por apenas 25 e 30 pessoas, respectivamente.

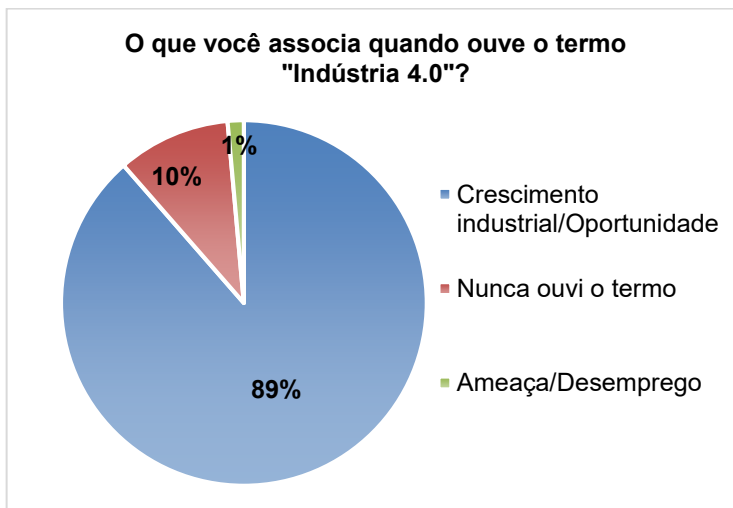
Muitas vezes, as indústrias se limitam a uma mudança que necessita de elevados investimentos na qualificação pessoal e financeira, e que acarreta em importantes alterações na “arquitetura da empresa”, ou seja, no seu *layout*. Isto se dá pelo fato de se presumir que a digitalização é um desafio devido a possibilidade de gerar “desemprego”. No entanto, este tópico deve ser repensado, pois, desde a primeira revolução industrial, empregos foram sempre transformados visando uma melhoria na qualidade de vida como um todo. Durante este processo de transformação, muitas funções manuais e repetitivas serão substituídas por máquinas automatizadas, robôs, entre outros, ao

mesmo tempo que novas oportunidades de emprego irão surgir, exigindo maior esforço intelectual e menor esforço físico (SCURATI et al., 2018). Pesquisas afirmam que mais de 30 profissões devem surgir nesta nova era da digitalização. Exemplos a serem citados são: programador de unidades de controles eletrônicos; técnico em desenvolvimento de sistemas; analista de IoT; engenheiro de *software*, especialista em *Big Data*, entre outros (KRAVEZUK, 2018).

O que raramente é de fato discutido, é que as indústrias que não aderirem aos conceitos relativos a Indústria 4.0 poderão tornar-se obsoletas, não resistindo a competitividade do mercado; e se estas não se manterem no mercado, conseqüentemente terão suas atividades encerradas, e isto sim poderá efetivamente ocasionar desemprego (SUSSKIND, 2018).

Este fato pode ser verificado a partir da análise da sétima pergunta, que se refere ao que o indivíduo relaciona o termo “Indústria 4.0”. Para a minoria dos entrevistados, como observado no gráfico 16, apenas 1% acredita que a implementação dos conceitos da Indústria 4.0 pode ser ameaça ou gerar desemprego.

Gráfico 16 – Associação do termo “Indústria 4.0”

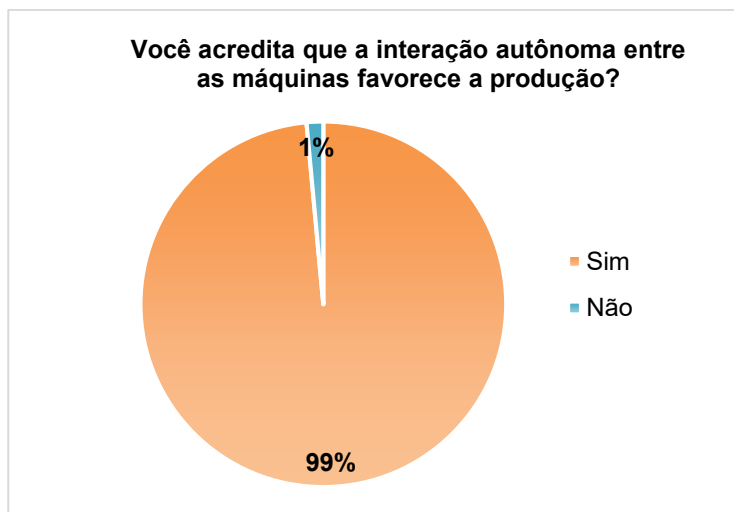


Fonte: Autor (2018).

A oitava pergunta realizada foi: “Você acredita que a interação autônoma entre as máquinas favorece a produção?”.

Uma análise correlata pode ser realizada verificando os gráficos 16 e 17, onde 99% das respostas afirmaram que acreditam que a interação autônoma entre as máquinas favorece a produção. Ou seja, quando o profissional visualiza as novas tecnologias como oportunidades de crescimento, ele passa a entender os benefícios que as mesmas podem proporcionar.

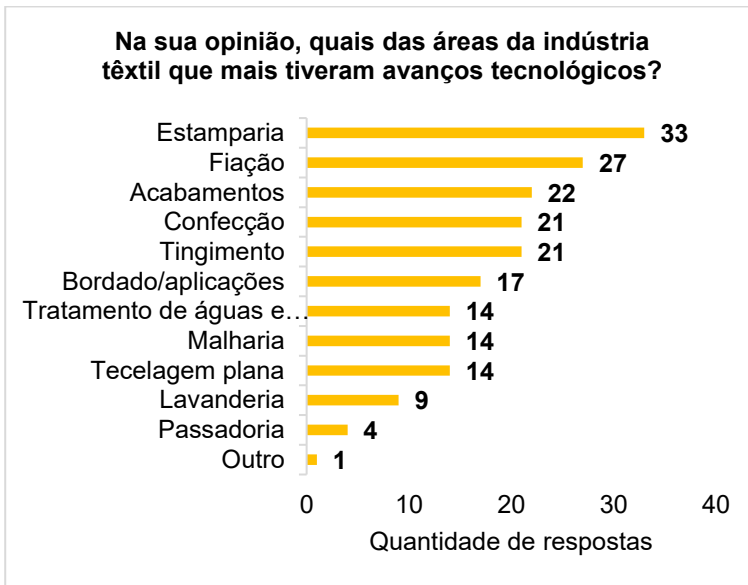
Gráfico 17 – Diagnóstico sobre interação entre máquinas



Fonte: Autor (2018).

A nona pergunta do questionário referiu-se as áreas do setor têxtil que mais tiveram avanços tecnológicos, onde o entrevistado poderia escolher quantas opções desejasse (Gráfico 18). Neste cenário, percebe-se que o maior número de melhorias está no setor de estamperia. Isto pode se dar por diversos motivos: rápido e consequente desenvolvimento em termos de automatização das máquinas de estampar em quadros (rotativa); e o recente desenvolvimento da estampa digital. A partir destas novidades tem-se o surgimento de novos equipamentos, com mais sensores, perfis cada vez mais autônomos, produzindo com maior qualidade, maior velocidade, melhor ergonomia e economia na utilização de insumos.

Gráfico 18 – Áreas do setor têxtil que mais tiveram avanços tecnológicos



Fonte: Autor (2018).

Outra área constatada com grande desenvolvimento em tecnologia foi o setor de fiação. Atualmente, os maquinários deste setor podem ser todos interconectados, desde a sala de abertura até a embalagem das bobinas. Ainda segundo o gráfico 18, os setores de lavanderia e passadoria apresentam baixos índices de desenvolvimento tecnológico de acordo com as respostas dos entrevistados. A lavanderia é, em muitas empresas, realizada de forma manual, com efeitos produzidos a partir de pedras ou *sprays*. Apesar dos profissionais deste setor possuírem os equipamentos de proteção individual adequados, estão sendo expostos a esforços físicos, produtos químicos, e as vezes, a materiais e utensílios perigosos (pedras, lixas ou facas). Entretanto, vale ressaltar que para o setor de lavanderia já foram desenvolvidas máquinas que realizam alguns destes acabamentos sem água, como por exemplo a estonagem (MAZUR et al., 2018).

A passadoria é um setor que encontra algumas dificuldades para a sua total automatização devido à grande diversidade de peças produzidas. O que se verifica é um crescimento considerável na automação do setor quando se trata de peças

tradicionais, como por exemplo: camiseta, camisa social, calças, toalhas e roupas de cama. Acredita-se que o setor de passadoria apresenta grandes oportunidades no mercado, principalmente considerando o desenvolvimento de equipamentos portáteis, autônomos, leves e de baixo custo.

5.1.3 Comparação entre os questionários

Analisando os gráficos 5 e 15, onde foi realizado o mesmo questionamento tanto para os profissionais da área têxtil quanto para os estudantes engenharia, relativo aos termos conhecidos referentes a Indústria 4.0, nota-se que em ambos os casos os sistemas *cyber*-físicos são os menos citados pelos entrevistados; a segunda tecnologia com menor índice de conhecimento é a *Big Data*. Como discutido anteriormente, o que pode ter ocorrido, é um desconhecimento de que estes tópicos abordam tecnologias mais próximas, como sensores, análise de dados e controladores.

Os gráficos 6 e 16, referentes ao questionamento sobre a associação do termo “Indústria 4.0” também podem ser comparados. Apenas 1% dos profissionais da área têxtil acredita que a Indústria 4.0 pode ser associada a ameaça/desemprego, enquanto que 13% dos estudantes de graduação em engenharia assinalaram esta opção. A visão da indústria é bem diferente neste sentido, e isto pode ser justificado tanto pela vivência e experiência do uso destas tecnologias, quanto pode ser analisado pela pouca experiência por parte dos estudantes, que neste caso, podem ainda não estarem inseridos no mercado de trabalho, e assim possuem uma visão de que a era digital pode ser uma ameaça.

5.2 DESENVOLVIMENTO ESQUEMÁTICO DE OPORTUNIDADES INOVADORAS

Para que uma organização obtenha sucesso na implantação das tecnologias mencionadas, um esquema considerando as variáveis importantes que influenciam este processo foi desenvolvido, levando em consideração os conceitos tecnológicos e a realidade produtiva de uma empresa.

Assim, o primeiro passo que a corporação deve se atentar refere-se à capacitação dos funcionários, para que os mesmos entendam corretamente como se dá o funcionamento das tecnologias envolvidas na indústria 4.0. A organização pode fazer

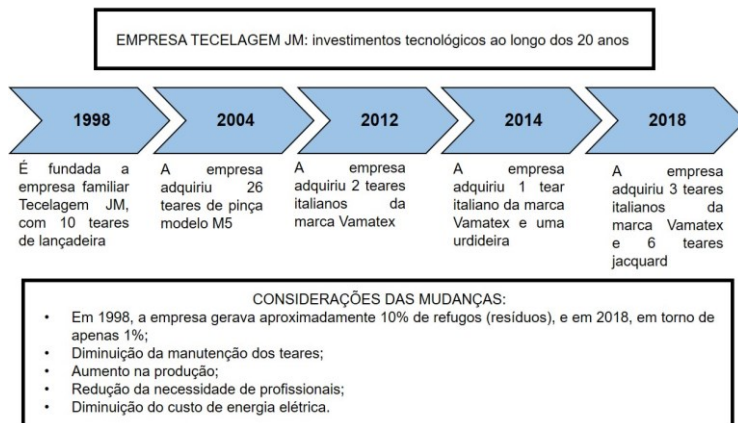
isto por meio de palestras, minicursos, entrega de material informativo, incentivando a curiosidade dos funcionários sobre o respectivo tema. Dentre os benefícios de se realizar estas iniciativas, estão: o entendimento do motivo da mudança; o despertar do interesse do aprendiz; a compreensão das tecnologias; o assimilar e manusear da melhor maneira novos equipamentos e ciclos de processo.

Depois disso, gerentes e diretores devem analisar profundamente os processos que sua empresa possui atualmente, identificando ações e ciclos de logística repetitivos, atividades que possam ser previamente simuladas, entre outros.

Após a identificação do processo e de uma ou mais tecnologias que podem ser inseridas no mesmo, deve-se realizar um planejamento da planta da empresa. Muitas vezes, mudanças tecnológicas também mudam a disposição de equipamentos dentro da organização, que necessita de um novo *layout*. Vale ressaltar que aquisições de robôs e *softwares*, dificilmente implicarão em mudança de *layout*, facilitando ainda mais o investimento.

Em seguida, e muito essencial, é o planejamento financeiro dos investimentos. Neste ponto, deve-se calcular o *pay-back* de novos equipamentos e tecnologias, analisar a relação custos atuais versus custos após a aquisição das mesmas. Se a empresa estiver com dificuldades financeiras, esta, dependendo da mudança requerida, pode ainda analisar o custo da compra versus o custo de desenvolver a tecnologia. Um exemplo de empresa de pequeno porte, no ramo de tecelagem plana, é apresentado na figura 7.

Figura 7 – Investimentos tecnológicos da empresa Tecelagem JM e seus benefícios no decorrer de 20 anos



Fonte: Fundadores da Tecelagem JM, 2018.

Esta empresa de cunho familiar, localizada na cidade de Brusque/SC, foi fundada em 1998 e desde então, investiu em tecnologia de teares planos que gerou retornos positivos para a organização, como ilustrado no apêndice supracitado.

Após a realização do planejamento financeiro, o próximo passo é elaborar um plano de execução do projeto, considerando: possíveis paradas de máquinas; possibilidade da realização de manutenção preventiva enquanto as mesmas estão paradas; agendamento de *try-out*, ou seja, analisar se a tecnologia é importada, se existe a necessidade de um técnico para a realização de sua instalação, considerando ainda o tempo de execução, entre outros.

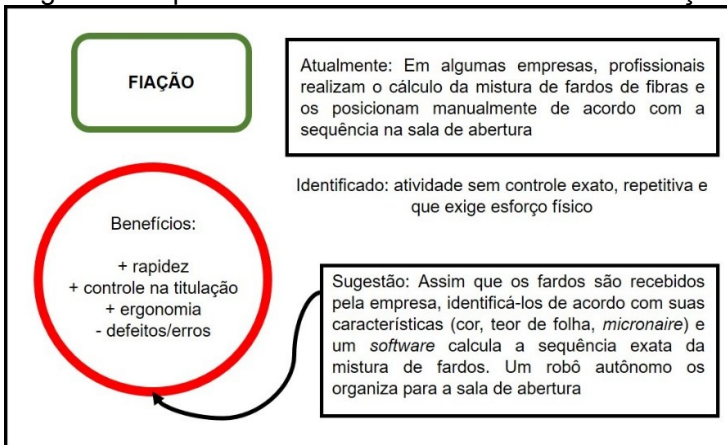
Por fim, realizar acompanhamento e a manutenção (se necessário) destas tecnologias. Para tal, pode-se utilizar a ferramenta de qualidade ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), de forma a continuar o desenvolvimento, considerando a continuação na capacitação de funcionários e a comparação de custos antes e depois da aquisição de tecnologias. Ainda, se este resultado for positivo, novos investimentos e promover uma melhoria contínua.

Alguns exemplos de atividades dentro da indústria têxtil que podem ser melhoradas utilizando as tecnologias 4.0 são apresentadas nos subtópicos 5.2.1; 5.2.2 e 5.2.3.

5.2.1 Setor de fiação

Apesar do rápido desenvolvimento de tecnologias, muitas fiações brasileiras, ainda realizam a parte de cálculos de mistura de fibra (cor, teor de folha, comprimento da fibra, resistência, entre outros), antes da sala de abertura de forma manual. Além disso, muitas vezes, o colaborador posiciona os fardos sequencialmente na entrada da sala de abertura (abridor alimentador), de maneira manual. Dessa forma, identifica-se neste caso uma atividade que não possui um controle exato, uma vez que os cálculos – quando realizados manualmente – podem ocasionar em erros, ou até mesmo a falta de tempo pode fazer com que a mistura correta nem seja realizada. É sabido que a correta mistura de fardos de algodão é essencial para a obtenção de um fio de qualidade, garantindo um bom controle de propriedades como uniformidade/regularidade. A sugestão tecnológica é ilustrada na figura 8.

Figura 8 – Oportunidades encontradas no setor de fiação



Fonte: Autor (2018).

Neste âmbito, a sugestão é que assim que os fardos são recebidos pela empresa, estes são classificados de acordo com suas características, e esta identificação pode ainda ser realizada por meio de QR CODE. Neste QR CODE podem ainda ser inseridos informações dos fardos (tipo, origem, safra, logística e outras propriedades importantes). Um *software* específico deve fazer a leitura destes dados e o cálculo das misturas de fardos,

conectado com um robô autônomo. O *software* envia as informações para o robô a fim de este posicionar os fardos de acordo com os cálculos obtidos automaticamente.

A geração e análise de dados/informações são importantes, principalmente na segura tomada de decisão a chão de fábrica.

Neste caso, obtêm-se melhor gestão da qualidade dos fios e suas propriedades, rapidez, e maior controle do ciclo de produção, facilitando ainda em aspectos ergonômicos para os colaboradores.

5.2.2 Setor de confecção

Com o rápido crescimento dos produtos confeccionados e da demanda pelo vestuário atual (tendências de moda), muitas indústrias optaram por confeccionar seus produtos por meio de facções independentes (terceirização), pagando apenas pelo serviço prestado (costura e/ou revisão), sem se responsabilizar pelos equipamentos, manutenções, e outras questões burocráticas.

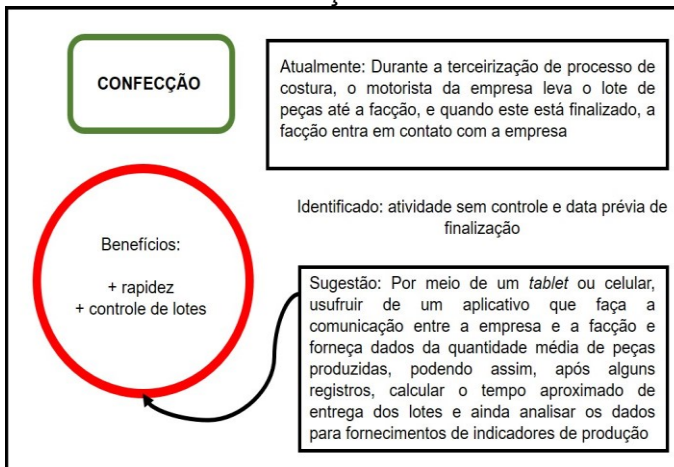
No entanto, nestes casos, o que ocorre é que o motorista da empresa transporta os lotes de peças até a facção designada e então, aguarda que a facção entre em contato com a empresa, quando as peças estiverem finalizadas. Durante este processo, diversas situações indesejadas ocorrem, como por exemplo:

- A facção faz o contato com a empresa no momento em que termina o lote, entretanto, devido a falta de tempo hábil, a empresa não consegue se programar para as próximas etapas de produção. Consequentemente o lote fica parado até ser inserido na linha de produção seguinte, que pode ser: estamparia, revisão, embalagem, aplicações diversas como bordados e/ou pedrarias, entre outros;
- A facção faz o contato com a empresa muito antes de finalizar a costura, estimando uma data para o término. Neste sentido, muitas vezes o motorista chega até a facção para buscar o lote de peças, e este ainda não está finalizado, por diversos motivos, como: atrasos devido a manutenção de máquinas ou descargas elétricas, imprevistos, entre outros. Isto pode resultar em

desperdício de tempo do motorista e também em desperdício financeiro para a empresa, considerando os custos do carro da empresa, o custo do colaborador, etc. Além disso, se a empresa já havia programado os próximos setores de acabamento para este lote, este planejamento fica comprometido e precisa ser refeito.

Desta forma, a figura 9 esquematiza as oportunidades e sugestões para a confecção, a partir do caso mencionado.

Figura 9 – Oportunidades encontradas no setor de confecção



Fonte: Autor (2018).

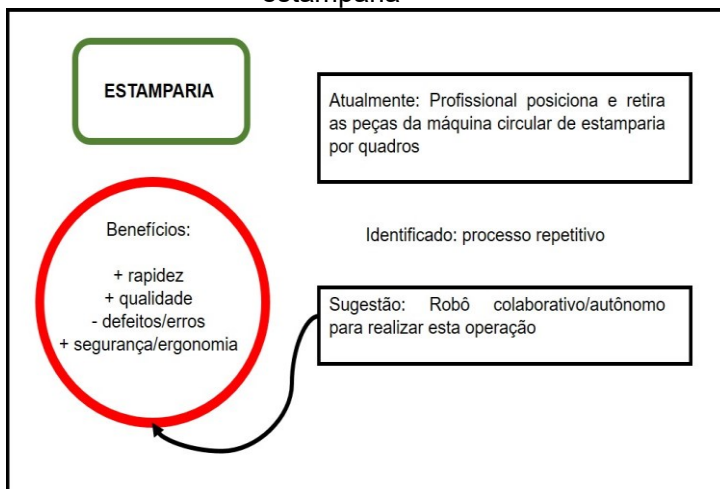
Tendo em vista as oportunidades encontradas, a sugestão é que tanto o motorista, a empresa e a facção estejam conectados por meio de um aplicativo que faça a interação em tempo real de finalização dos lotes, a fim de evitar as situações indesejáveis mencionadas.

5.2.3 Setor de estamparia

É visto que o setor de estamparia obteve um elevado crescimento tecnológico nos últimos anos, considerando o desenvolvimento principalmente da estamparia digital, e da automatização da máquina de estamparia por quadros circular. Contudo, esta última ainda possui uma atividade manual demasiada repetitiva, que é a colocação e retirada da peça na chapa metálica da máquina.

Com isso, sugere-se a inserção de um robô na linha de produção a fim de realizar esta operação, como esquematizado na figura 10.

Figura 10 – Oportunidades encontradas no setor de estamparia



Fonte: Autor (2018).

Neste caso, um robô pode proporcionar diversos benefícios, bem como mais rapidez e precisão do processo. Além disso, diminui muito ou totalmente o esforço físico humano durante a colocação das peças, proporcionando maior segurança para o colaborador, podendo ainda reduzir a quantidade de defeitos.

Além dos setores supracitados, outros relacionados a indústria têxtil também podem aderir a novas tecnologias da era digital, modernizando-se e mantendo-se competitivos no mercado no qual estão inseridos. A identificação destas oportunidades pode

ser realizada por estudo na literatura, estudos de casos, ou observação empírica das situações cotidianas da organização.

É importante destacar a relevância de se realizar um planejamento financeiro e estratégico na organização, a fim de prever a relação custo e benefício de determinadas tecnologias relacionadas com o porte da empresa, expectativa de crescimento da mesma, entre outros fatores.

5.3 DESENVOLVIMENTO DE UMA PLANTA DE MALHARIA 4.0

No decorrer da análise dos diversos setores que compreendem a cadeia têxtil, foi identificado um interessante potencial no setor de malharia circular, principalmente devido a aspectos ergonômicos durante suas atividades. Para isto, foi utilizado o *software Factory IO*, que possibilitou o desenvolvimento de uma planta de “Malharia 4.0”, apresentado nos tópicos a seguir.

5.3.1 Aspectos ergonômicos

O trabalho compreende um papel importante na vida do homem, pois a partir deste é possível tirar fonte de seu sustento, além de poder se sentir valorizado e útil. Todavia, quando o indivíduo é submetido a tarefas sob condições inadequadas, o trabalho pode ser prejudicial à sua saúde, dando origem a doenças, podendo provocar a inatividade e até mesmo encurtar sua vida. Dentre os diversos fatores de risco relacionados ao trabalho estão: posturas, movimentos repetitivos e ou inadequados, vibrações, carga estática e dinâmica, ruído, temperatura, iluminação e ausência de intervalo de descanso (FERNANDES; MEDEIROS, 2006).

O termo ergonomia é oriundo das palavras gregas *ergon* (trabalho) e *nomos* (lei ou norma). Várias definições podem ser adotadas para este termo, e algumas das mais comuns são: “ergonomia é o estudo do ser humano no seu ambiente de trabalho”; “estudo da interação entre o homem e as condições de trabalho”; “o estudo do comportamento do homem no trabalho”, e entre outras (MONDELO; GREGORI; BARRAU, 1999). Popularmente, a ergonomia é conhecida como a adaptação do trabalho ao homem (PAULA, 2016).

Para se iniciar um estudo científico sobre um trabalho específico, deve-se entender as especialidades do mesmo, a interação pessoa-máquina (REZENDE, 2002), ou seja, recorrer às

características físicas, estéticas, racionais e morais que o envolvem.

Neste contexto, verificou-se no setor de malharia oportunidades de melhoria não apenas visando a rapidez de processo, mas também na ergonomia e na qualidade de vida dos operadores. Desta forma, dois aspectos ergonômicos chamam a atenção neste setor:

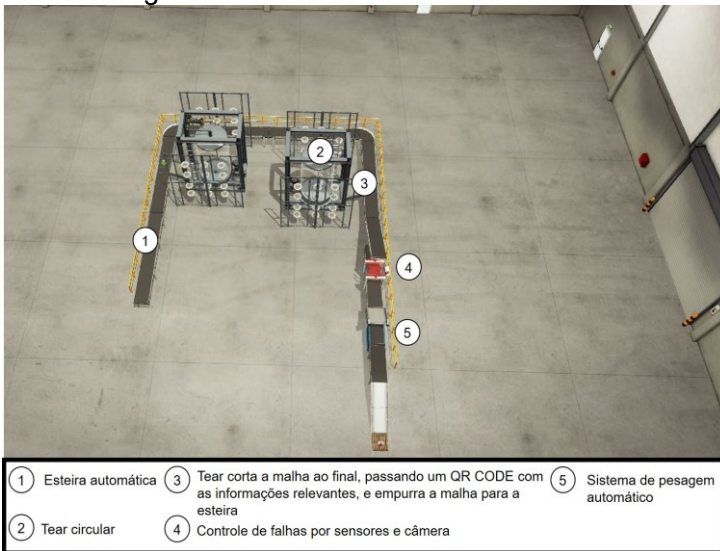
- a) operação de revisão da malha: durante esta atividade, o operador encontra-se em pé, parado, diante da máquina de revisar. Sabe-se que, a posição parada, em pé, é altamente fatigante, pois exige muito trabalho estático da musculatura envolvida. Nesta posição, há um aumento consideravelmente maior na pressão arterial diastólica e substancialmente menor da frequência cardíaca do que o observado durante uma atividade dinâmica (REZENDE, 2002).
- b) esforço físico durante o transporte de malhas: os profissionais que realizam esta atividade apresentam elevada prevalência a dor na região da coluna e membros superiores, pois requer elevado esforço físico, além de poder provocar posturas inadequadas e movimentos repetitivos e pesados. Estes profissionais estão ainda propensos a desenvolver Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) (LUIZA; COMPER; PADULA, 2013).

A partir da análise dos aspectos mencionados, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida do indivíduo durante suas atividades, proporcionando também rapidez nos processos industriais e o desenvolvimento de produtos com menos defeitos, o objetivo foi o desenvolvimento de uma malharia dentro dos conceitos que envolvem a indústria 4.0.

5.3.2 Funcionamento do processo

Basicamente, o funcionamento do processo da Malharia 4.0 se dá por uma linha de produção autônoma, onde o tear, após a fabricação da malha, realiza o seu corte automático e adiciona um *QR CODE* com as informações relevantes (estrutura, tipo de fio, tear, cliente, lote) para controle da produção. A planta baixa pode ser visualizada nas figuras 11 e 12.

Figura 11 – Planta da Malharia 4.0



Fonte: Autor (2018).

Figura 12 – Vista lateral



Fonte: Autor (2018).

O tear, com o auxílio de um braço mecânico, empurra a malha enfraldada para esteira automática. A esteira carrega a malha que segue para um sistema de conferência/revisão, onde passa entre sensores de detecção de defeitos, como furos, manchas de óleo, barramento, entre outros. Quando o sensor detecta um defeito, este envia um sinal para a câmera posicionada no centro da malha e a câmera tira uma foto do defeito, registrando o mesmo, seu tamanho aproximado, e em qual ponto da malha ele

foi identificado. Estes dados ficam salvos para posteriores análises de melhoria e para classificação da qualidade do produto. Os mesmos podem ser enviados para uma plataforma *online* para serem acompanhados em tempo real. Os componentes e o painel de controle podem ser visualizados nas figuras 13 e 14.

Figura 13 – Descrição de componentes



Fonte: Autor (2018).

Figura 14 – Informações relevantes presentes no painel



Fonte: Autor (2018).

A seguir, a malha é enrolada, pesada e então levada para ser embalada automaticamente e posicionada em pallets. Ao final, esta pode ser direcionada para o estoque de produto acabado ou para o cliente/destino final.

6 CONCLUSÃO

Este estudo conceituou de forma sucinta as revoluções industriais, destacando a quarta revolução industrial e as tecnologias emergentes que envolvem esta última. Ademais, apresentou a complexidade da cadeia têxtil, suas ramificações e oportunidades.

O presente trabalho evidenciou que apesar de ser um tema de extrema relevância, ainda há muito a ser explorado cientificamente e tecnologicamente, principalmente levando-se em consideração o setor têxtil.

Após estudo de fatos históricos, sociais e econômicos, este TCC apresentou discussões acerca de variáveis empregatícias para a quarta revolução industrial, confirmando os benefícios que as tecnologias industriais podem vir a oferecer à população como um todo.

Além disso, a análise dos questionários proporcionou a obtenção de um diagnóstico preliminar sobre o conhecimento atual de profissionais diretamente ligados ao setor têxtil, e de alunos dos cursos de engenharia da UFSC, Campus Blumenau, sobre o tema Indústria 4.0. Concluiu-se que existe a necessidade de uma maior disseminação dos conceitos relacionados a quarta revolução industrial, tanto no meio acadêmico como no setor industrial.

Com base nas tecnologias envolvidas na Indústria 4.0, o presente trabalho apresentou também sugestões de inovação para os setores de fiação, confecção, estamparia e malharia.

Este trabalho de conclusão de curso contribuiu positivamente na formação deste discente como Engenheira Têxtil, uma vez que trouxe parâmetros históricos, econômicos, industriais e tecnológicos acerca do tema abordado.

Por fim, possibilitou a oportunidade de aplicar conceitos de diversas disciplinas (multidisciplinaridade) do curso de graduação em engenharia têxtil, a partir de um tema ainda pouco explorado no segmento têxtil.

7 PERSPECTIVAS FUTURAS

De acordo com o tema e os dados discutidos, o presente trabalho sugere como perspectivas futuras:

- a) Aplicação das tecnologias de Indústria 4.0 em empresas têxteis e seu acompanhamento;
- b) Desenvolvimento de novos processos e produtos têxteis com o auxílio das tecnologias da Indústria 4.0;
- c) Análise da viabilidade econômica da aplicação dos conceitos da Indústria 4.0 nos diversos segmentos têxteis;
- d) Pesquisa sobre futuras profissões dentro do segmento têxtil;
- e) Estudo e entendimento da Indústria 5.0 na área têxtil;
- f) Estudo comparativo entre a Indústria 4.0 e Indústria 5.0: rapidez na disseminação das tecnologias e principais diferenças.

REFERÊNCIAS

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2018.

ABIT. Associação Brasileira das Indústrias Têxteis. Disponível em: <<http://www.abit.org.br/noticias/setor-textil-e-de-vestuario-abre-18-mil-vagas-em-marco>> acessado em agosto de 2018.

ALVARENGA, B. **Colaboração no chão de fábrica**. Revista VEJA, 2018.

ASHTON, K. That “Internet of Things” Thing. **That “Internet of Things” Thing-RFID Journal**, p. 4986, 2010.

BAWEJA, BHANU; DONOVAN, PAUL; HAEFELE, MARK; SIDDQI, LUTFEY; SMILES, S. Extreme automation and connectivity: The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution. **World Economic Forum 2016**, n. January, p. 36, 2016.

BOTTOMLEY, S. Patenting in England, Scotland and Ireland during the Industrial Revolution, 1700-1852. **Explorations in Economic History**, v. 54, p. 48–63, 2014.

DIFTLER, M. A. et al. Robonaut 2 - The first humanoid robot in space. **Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation**, v. 1, p. 2178–2183, 2011.

DUARTE, A. Proposta de integração entre ferramentas de avaliação de ciclo de vida do produto e Indústria 4.0 (Industrie 4.0): estudo de caso da indústria têxtil e de confecção. v. 0, 2017.

EDWARDS, A. et al. Robots in the classroom: Differences in students’ perceptions of credibility and learning between “teacher as robot” and “robot as teacher”. **Computers in Human Behavior**, v. 65, p. 627–634, 2016.

FERNANDES, M. B.; MEDEIROS, L. S. Prevalência e fatores associados à sintomatologia dolorosa entre profissionais da indústria têxtil Prevalence and factors associated. v. 9, n. 1, p. 94–102, 2006.

GERBERS, R. et al. Simplifying Robot Tools by Taking Advantage of Sensor Integration in Human Collaboration Robots. **Procedia CIRP**,

v. 44, p. 287–292, 2016.

GILCHRIST, A. **Industry 4.0**. 2016.

KAMBLE, S. S.; GUNASEKARAN, A.; SHARMA, R. Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry. **Computers in Industry**, v. 101, n. May, p. 107–119, 2018.

KOVACS, O. The dark corners of industry 4.0 – Grounding economic governance 2.0. **Technology in Society**, n. April, p. 0–1, 2018.

KRUEGER, M. W. “VIDEOPLACE”: A Report from the ARTIFICIAL REALITY Laboratory. **Leonardo**, v. 18, n. 3, p. 145–151, 1985.

LENS, T. et al. BioRob-Arm : A Quickly Deployable and Intrinsically Safe , Light- Weight Robot Arm for Service Robotics Applications . Service Robotics for SMEs. **Robotics (ISR), 2010 41st International Symposium on and 2010 6th German Conference on Robotics (ROBOTIK)**, n. Isr, p. 905–910, 2010.

LUIZA, M.; COMPER, C.; PADULA, R. S. Avaliação do risco ergonômico em trabalhadores da indústria têxtil por dois instrumentos: Quick Exposure e Job Factors Questionnaire. p. 215–221, 2013.

MAYUMI, R.; FUJITA, L. A Indústria Têxtil no Brasil : uma perspectiva histórica e cultural The Brazilian Textile Industry: a cultural and historical perspective. p. 153–174, 2015.

MAZUR, J. et al. Science of the Total Environment The application of moving bed bio-reactor (MBBR) in commercial laundry wastewater treatment. v. 627, p. 1638–1643, 2018.

MICHALOS, G. et al. Seamless human robot collaborative assembly – An automotive case study. **Mechatronics**, v. 000, n. July 2017, p. 1–18, 2018.

MOKTADIR, M. A. et al. Assessing challenges for implementing Industry 4.0: Implications for process safety and environmental protection. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 117, p. 730–741, 2018.

MONDELO, P. R.; GREGORI, E.; BARRAU, P. **Ergonomia 1 Fundamentos**. 1999.

PAULA, A.; HAIDUKE, I. F.; MARQUES, I. A. A. Ergonomia e gestão: complementaridade para a redução dos afastamentos e do stress, visando melhoria da qualidade de vida do trabalhador. **Revista Conbrad**, 2016.

RAUCH, E.; LINDER, C.; DALLASEGA, P. Computers & Industrial Engineering Anthropocentric perspective of production before and within Industry 4.0. **Computers & Industrial Engineering**, p. 1–15, 2019.

REZENDE, A. P. DE A. T. Avaliação ergonômica do posto de trabalho de embaladeiras numa indústria têxtil: reduzindo os custos humanos posturais. 2002.

RIBEIRO, J. M. O conceito da indústria 4.0 na confecção: análise e implementação. 2017.

SCURATI, G. W. et al. Converting maintenance actions into standard symbols for Augmented Reality applications in Industry 4.0. **Computers in Industry**, v. 98, p. 68–79, 2018.

SIMÕES, R.; KAMIENSKI, C. Gerenciamento de Elasticidade em Nuvens Privadas e Híbridas. p. 67–78, 2014.

SIMONIS, K.; GLOY, Y. S.; GRIES, T. INDUSTRIE 4.0 - Automation in weft knitting technology. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 141, n. 1, p. 0–10, 2016.

STEARNS, P. N. **Industrial Revolution World History**. Fourth Edition. Westview Press. 2013.

SUNG, T. K. Industry 4.0: A Korea perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 132, n. November 2017, p. 40–45, 2018.

TREW, A. Spatial takeoff in the first industrial revolution. **Review of Economic Dynamics**, v. 17, n. 4, p. 707–725, 2014.

VAIDYA, S.; AMBAD, P.; BHOSLE, S. Industry 4.0 - A Glimpse. **Procedia Manufacturing**, v. 20, p. 233–238, 2018.

VERASZTO, E. V. et al. Tecnologia : buscando uma definição para o conceito Technology : looping for a definition for the concept Resumo Abstract. p. 19–46, 2009.

VON TUNZELMANN, N. Historical coevolution of governance and technology in the industrial revolutions. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 14, n. 4, p. 365–384, 2003.

WILSON, R. Skills anticipation-The future of work and education. **International Journal of Educational Research**, v. 61, p. 101–110, 2013.

ZHANG, Q.; CHENG, L.; BOUTABA, R. Cloud computing: State-of-the-art and research challenges. **Journal of Internet Services and Applications**, v. 1, n. 1, p. 7–18, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionários aplicados com alunos de engenharia

NOME:

CURSO:

IDADE:

SEMESTRE:

QUESTIONÁRIO PARA TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

1) Marque um "x" nos termos que você conhece.

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| a) Internet das coisas | f) Computação em nuvem |
| b) Big Data | g) Realidade aumentada |
| c) Robótica | h) Sistemas cyber-físicos |
| d) Indústria 4.0 | i) Inteligência artificial |
| e) 4ª revolução industrial | |

2) O que você associa quando você ouve o termo "Indústria 4.0"?

- | | |
|--|-----------------------|
| a) Crescimento industrial/Oportunidade | c) Nunca ouvi o termo |
| b) Ameaça/Desemprego | |

3) Você já realizou algum trabalho na graduação, voltado ao tema Indústria 4.0?

- | | |
|--------|--------|
| a) Sim | b) Não |
|--------|--------|

4) Você acha importante estudar/conhecer o assunto Indústria 4.0?

- | | |
|--------|--------|
| a) Sim | b) Não |
|--------|--------|

5) Você acredita que este tema é importante para a sua formação como engenheiro (a)?

- | | |
|--------|--------|
| a) Sim | b) Não |
|--------|--------|

Aceito a divulgação dos dados respondidos neste questionário, **exceto o meu nome**, para análise e divulgação no trabalho de conclusão de curso da aluna Gabriela Maestri, do curso de Engenharia Têxtil, UFSC – Blumenau.

Blumenau, outubro de 2018

APÊNDICE B – Questionários aplicados com profissionais do setor têxtil

NOME:

CARGO:

EMPRESA:

PORTE:

QUESTIONÁRIO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

1) Marque um “x” nos termos que você conhece.

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| a) Internet das coisas | f) Computação em nuvem |
| b) Big Data | g) Realidade aumentada |
| c) Robótica | h) Sistemas cyber-físicos |
| d) Indústria 4.0 | i) Inteligência artificial |
| e) 4ª revolução industrial | |

2) O que você associa quando você ouve o termo “Indústria 4.0”?

- | | |
|--|-----------------------|
| a) Crescimento industrial/Oportunidade | c) Nunca ouvi o termo |
| b) Ameaça/Desemprego | |

3) Quanto a sua empresa pretende investir em tecnologia e/ou robotização nos próximos 12 meses?

- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| a) Até 100 mil reais | c) Mais de 500 mil reais |
| b) De 100 - 500 mil reais | d) Não se aplica |

4) Sua empresa possui robôs?

- | | |
|--------|--------|
| a) Sim | b) Não |
|--------|--------|

5) Você considera sua empresa uma “empresa digital”?

- | | |
|--------|--------|
| a) Sim | b) Não |
|--------|--------|

6) Você acredita que a interação autônoma entre as máquinas favorece a produção?

- | | |
|--------|--------|
| a) Sim | b) Não |
|--------|--------|

7) Você acredita que a robotização/digitalização pode ajudar o Brasil a sair da “crise”?

- | | |
|--------|--------|
| a) Sim | b) Não |
|--------|--------|

8) Como você avalia o Brasil frente as tecnologias, quando comparado com outros países?

- | | |
|-------------------|-------------------|
| a) Muito inferior | d) Superior |
| b) Inferior | e) Muito superior |
| c) Igual | |

9) Como você vê a indústria têxtil frente as tecnologias avançadas, quando comparadas com outras indústrias?

- | | |
|-------------|-------------|
| a) Inferior | c) Superior |
| b) Igual | |

10) Na política da sua empresa, o termo indústria 4.0 é levado em conta em reuniões de planejamento estratégico?

- | | |
|-------------------|---------------|
| a) Sim, mas pouco | c) Não |
| b) Sim, muito | d) Desconheço |

11) Na sua opinião, quais das áreas da indústria têxtil que mais tiveram avanços tecnológicos? Ordene da mais para a menos importante.

- | | |
|---------------------|-------------------------------------|
| () Fiação | () Tratamento de Águas e Efluentes |
| () Tecelagem plana | () Confecção |
| () Malharia | () Bordado/aplicações |
| () Estamparia | () Passadoria |
| () Tingimento | () Lavanderia |
| () Acabamentos | () Outro |

12) Qual a tecnologia que sua empresa investiu que mais trouxe lucro?

R: _____

13) Qual tecnologia sua empresa investiu e o resultado foi abaixo do esperado?

R: _____

14) Em qual ano sua empresa fez grandes investimentos em tecnologia?

R: _____

Aceito a divulgação dos dados respondidos neste questionário, exceto o nome da empresa, para análise e divulgação no trabalho de conclusão de curso da aluna Gabriela Maestri, do curso de Engenharia Têxtil, UFSC – Blumenau.