UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ÁLVARO MARQUES BORGES CALAZANS

AVALIAÇÃO DE COMPETÊNCIAS PROFISSIONAIS PARA INDÚSTRIA 4.0

JOÃO PESSOA-PB
2021

ÁLVARO MARQUES BORGES CALAZANS

AVALIAÇÃO DE COMPETÊNCIAS PROFISSIONAIS PARA INDÚSTRIA 4.0

Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Darlan Azevedo Pereira
Coorientadora: Prof ª Dra. Cláudia Fabiana Gohr

JOÃO PESSOA-PB

2021

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C143a Calazans, Alvaro Marques Borges.
Avaliação de competências profissionais para indústria 4.0 / Alvaro Marques Borges Calazans. - João Pessoa, 2021.
182 f. : il.

Orientação: Darlan Azevedo Pereira.
Coorientação: Cláudia Fabiana Gohr.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Engenharia de produção. 2. Indústria 4.0. 3. Competências profissionais. 4. Procedimento de avaliação. I. Pereira, Darlan Azevedo. II. Gohr, Cláudia Fabiana. III. Título.

UFPB/BC CDU 62:658.5(043)

AVALIAÇÃO DE COMPETÊNCIAS PROFISSIONAIS PARA INDÚSTRIA 4.0

ÁLVARO MARQUES BORGES CALAZANS

Essa Dissertação foi julgada e aprovada em sua forma final para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba.

João Pessoa, 01 de março de 2021.

Professor e Orientador Darlan Azevedo Pereira, Dr.
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Professora e Coorientadora Cláudia Fabiana Gohr, Dra.
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Professor Luciano Costa Santos (Avaliador interno), Dr.
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Professor Ivan Bolis (Avaliador externo), Dr.
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado forças e sabedoria para alcançar meus objetivos e chegar ao término dessa dissertação.

Agradeço aos meus pais Eduardo Marques Borges de Souza e Edileuza Câmara Calazans por todo o investimento que sempre fizeram em mim, principalmente no que se refere à minha educação. Sou grato a eles por ter chegado até onde cheguei. Agradeço também ao meu irmão Victor Marques Borges Calazans pelos conselhos nos momentos desafiadores durante a elaboração dessa dissertação.

Aos meus amigos que sempre me incentivaram a persistir, mesmo diante dos obstáculos, sempre dando apoio e conselhos nos momentos desafiadores.

Agradeço ao meu orientador Darlan Azevedo Pereira e minha coorientadora Cláudia Fabiana Gohr por todo o comprometimento, dedicação, apoio e compreensão durante esse período que estivemos trabalhando juntos nessa parceria, além dos aprendizados que me fizeram crescer como pesquisador.

Agradeço aos professores Luciano Costa dos Santos e Ivan Bolis por aceitarem participar da banca de defesa e pelas importantes contribuições para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao grupo de pesquisa GESP pelos diversos aprendizados durante as reuniões e troca de conhecimentos e experiências.

A todo corpo docente e funcionários ligados ao programa de pós graduação em Engenharia de Produção da UFPB, que contribuíram, direta ou indiretamente, para a minha formação como mestre.

Agradeço bastante a Michelle de Souza, que trabalha no SENAI CETIQT, que me forneceu os contatos dos gestores de três empresas do ramo têxtil, parceiras do SENAI, e que trouxe grande contribuição para o meu trabalho.

Aos gestores das três empresas no ramo têxtil que estão em fase de implementação da indústria 4.0 e aos especialistas do Delphi pela troca de informações ao longo dessa pesquisa.

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

Por fim, agradeço a todos e todas que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento dessa pesquisa.

RESUMO

Atualmente, o mundo caminha para o início de uma quarta revolução industrial caracterizada pelo uso de tecnologias disruptivas, como robótica, inteligência artificial, nanotecnologia, impressora 3D e a chamada internet das coisas. Todas essas tecnologias diminuem radicalmente os trabalhadores, exigindo o desenvolvimento de certas competências profissionais como forma de se adaptar a todas essas mudanças no mercado. Este trabalho teve como objetivo propor um procedimento de avaliação para as competências profissionais requeridas na adoção dos princípios da indústria 4.0. Para a elaboração do procedimento de avaliação, foi identificada e proposta relações entre as competências profissionais e os princípios da indústria 4.0, com base na literatura. Em seguida, essas relações foram validadas por meio de especialistas através do método Delphi. Além disso, esse procedimento de avaliação foi aplicado e validado por meio de estudos de caso em três empresas que possuem as tecnologias da indústria 4.0 implementadas ou em fase de implementação. Os resultados do Delphi apresentaram as competências técnicas como sendo mais importantes para implementação das tecnologias da indústria 4.0. Entretanto, as empresas estudadas estão focando nas competências das categorias social, pessoal e metodológica, dependendo do princípio em questão. Dessa forma, há uma lacuna entre as competências que os especialistas consideram mais relevantes para empresas dentro do contexto 4.0 e as empresas estudadas. Esse trabalho trouxe diversas contribuições, dentre elas estão a identificação das principais competências exigidas pela indústria 4.0, relacionando-as aos princípios para sua implementação com a proposição de um grau de importância nesta relação, a possibilidade de relacionar os desafios da indústria 4.0 com as competências necessárias para enfrentá-los, a possibilidade de agrupar as competências em 4 grandes categorias e a elaboração de um procedimento que avalia o grau de desenvolvimento das competências em relação aos princípios, até então não encontrado na literatura.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Competências profissionais. Procedimento de avaliação.

ABSTRACT

Currently, the world is heading towards the beginning of a fourth industrial revolution characterized by disruptive technologies, such as robotics, artificial intelligence, nanotechnology, 3D printer and the so-called internet of things. All of these technologies radically reduce the human workforce, requiring the development of specific professional competencies to adapt to all these changes in the market. This work aimed to propose an evaluation procedure to assess the professional competencies required to adopt industry 4.0 principles. For the elaboration of the evaluation procedure, relationships between professional competencies and the principles of industry 4.0 were identified and proposed, based on the literature. These relationships were then validated by specialists using the Delphi method. In addition, this evaluation procedure was applied and validated through case studies in three companies that have industry 4.0 technologies implemented or in the implementation phase. The results of Delphi presented the technical competencies as being more important for the implementation of the technologies of industry 4.0. However, the companies studied are focusing on the competencies of the social, personal and methodological categories, depending on the principle in question. Thus, there is a gap between the competencies that specialists consider most relevant for companies within the 4.0 context and the companies studied. This work brought several contributions, among which are: the identification of the main competencies required by industry 4.0, relating them to the principles for its implementation, defining a degree of importance in this relationship, the possibility of relating the challenges of industry 4.0 with the necessary competencies to face them, the possibility of grouping the competences in 4 major categories and the elaboration of a procedure that assesses the degree of development of the competencies in relation to the principles, until then not found in the literature.

Keywords: Industry 4.0. Professional competencies. Evaluation Procedure

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da dissertação 23
Figura 2 - Etapas da revisão da literatura 24
Figura 3 - Processo de obtenção da amostra simplificada 26
Figura 4 - Integração horizontal 33
Figura 5 - Integração vertical 33
Figura 6 - Integração de engenharia de ponta a ponta 34
Figura 7 - Ilustração dos três tipos de integração e seus relacionamentos 34
Figura 8 - Etapas para o desenvolvimento do procedimento de avaliação 60
Figura 9 - Convergência das rodadas - Coeficiente de Kendall e nível de significância – Primeira rodada 71
Figura 10 - Convergência das rodadas - Coeficiente de Kendall e nível de significância – Segunda rodada 72
Figura 11- Convergência das rodadas - Coeficiente de Kendall e nível de significância – Terceira rodada 73
Figura 12 - Percentual de concordância dos especialistas na alocação das competências dentro das categorias 74
Figura 13 - Resultados do Delphi 78
Figura 14 – Avaliação dos especialistas *versus* Empresa A 92
Figura 15 - Avaliação dos especialistas versus Empresa B: Princípio da interoperabilidade 102
Figura 16 - Avaliação dos especialistas versus Empresa B: Princípio da padronização 103
Figura 17 - Avaliação dos especialistas versus Empresa B: Princípio da virtualização 104
Figura 18 - Avaliação dos especialistas versus Empresa B: Princípio da capacidade de operação em tempo real 105
Figura 19 - Avaliação dos especialistas versus Empresa C: Princípio da padronização 116
Figura 20 - Avaliação dos especialistas versus Empresa C: Princípio da capacidade de operação em tempo real 117
Figura 21 - Avaliação dos especialistas versus Empresa C: Princípio da descentralização 118
Figura 22 - Cruzamento dos resultados do Delphi com os Estudos de Caso: Empresas A e B 122
Figura 23 - Cruzamento dos resultados do Delphi com os Estudos de Caso: Empresas B e C – Princípio da padronização 126
Figura 24 - Cruzamento dos resultados do Delphi com os Estudos de Caso: Empresas B e C – Princípio da capacidade de operação em tempo real 127

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Competências profissionais e a indústria 4.0 25
Quadro 2 - Inovação e a indústria 4.0 25
Quadro 3 - Definições da indústria 4.0 28
Quadro 4 - Definições de fábrica inteligente 30
Quadro 5 - Benefícios da fábrica inteligente 31
Quadro 6 - Tecnologias da Indústria 4.0 35
Quadro 7 - Princípios da Indústria 4.0 37
Quadro 8 - Benefícios da Indústria 4.0 39
Quadro 9 - Similaridades de benefícios da indústria 4.0 40
Quadro 10 - Desafios da Indústria 4.0 41
Quadro 11 - Similaridades de desafios da indústria 4.0 42
Quadro 12 - Definições de competências 43
Quadro 13 - Resumo da categorização das competências e suas definições consideradas neste trabalho 47
Quadro 14 - Lista de competências 49
Quadro 15 - Lista de competências profissionais extraídas da literatura dentro do contexto da indústria 4.0 55
Quadro 16 – Contextualizações das competências 57
Quadro 17 - Escala de Likert 63
Quadro 18 - Rodadas do Delphi 64
Quadro 19 - Informações gerais das empresas entrevistadas 65
Quadro 20 - Validade, confiabilidade e etapa da pesquisa 67
Quadro 21 - Relação entre os princípios e as categorias 69
Quadro 22 - Resumo da convergência das rodadas - Coeficiente de Kendall e nível de significância 73
Quadro 23 - Relação da categoria pessoal com os princípios da indústria 4.0 76
Quadro 24 - Relação da categoria social com os princípios da indústria 4.0 76
Quadro 25 - Relação da categoria metodológica com os princípios da indústria 4.0 76
Quadro 26 - Relação da categoria técnica com os princípios da indústria 4.0 76
Quadro 27 - Média dos resultados dos valores mais frequentes das categorias 77
Quadro 28 - Tecnologias da indústria 4.0 implementadas pelas Empresas 80
Quadro 29 - Informações sobre as tecnologias implementadas 81
Quadro 30 – Competências da categoria pessoal: Empresa A 84
Quadro 31 – Competências da categoria social: Empresa A 87
Quadro 32 – Competências da categoria metodológica: Empresa A 89

Quadro 33 – Competências da categoria técnica: Empresa A 90
Quadro 34 - Competências da categoria pessoal: Empresa B 94
Quadro 35 - Competências da categoria social: Empresa B 96
Quadro 36 - Competências da categoria metodológica: Empresa B 98
Quadro 37 - Competências da categoria técnica: Empresa B 100
Quadro 38 - Competências da categoria pessoal: Empresa C 107
Quadro 39 - Competências da categoria social: Empresa C 110
Quadro 40 - Competências da categoria metodológica: Empresa C 111
Quadro 41 - Competências da categoria técnica: Empresa C 113
Quadro 42 - Relação das competências com os princípios de acordo com cada empresa avaliada 133
Quadro 43 - Lista de categorias e competências do questionário Delphi 149
Quadro 44 - Escala de Likert de avaliação 151
Quadro 45 - Exemplo de preenchimento do questionário Delphi 151
Quadro 46 - Definições relevantes do questionário Delphi 151
Quadro 47 - Relação entre as categorias das competências e os princípios da indústria 4.0 152
Quadro 48 - Resultados da primeira rodada do Delphi 171
Quadro 49 - Resultados da segunda rodada do Delphi 172
Quadro 50 - Resultados da terceira rodada do Delphi 173

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CPS	*Cyber-physical systems*
IoS	*Internet of Services*
IoT	*Internet of Things*

SUMÁRIO

Sumário

1. INTRODUÇÃO 15

1.1. DESCRIÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA 15

1.2. OBJETIVOS 19

1.2.1 Objetivo Geral 19

1.2.2 Objetivos Específicos 19

1.3. JUSTIFICATIVA 19

1.4. ESTRUTURA DO PROJETO DA DISSERTAÇÃO 22

2. PROCEDIMENTOS PARA REVISÃO DA LITERATURA 24

2.1 ESTÁGIO I – PLANEJANDO A REVISÃO 24

2.2 ESTÁGIO II – CONDUÇÃO DA REVISÃO 25

2.3 ESTÁGIO III – RELATÓRIOS E DIVULGAÇÃO 27

3. REVISÃO DA LITERATURA 28

3.1 INDÚSTRIA 4.0 28

3.1.1 Conceito e características da quarta revolução industrial; 28

3.1.2 Tecnologias da indústria 4.0; 35

3.1.3 Princípios da indústria 4.0 37

3.1.4 Benefícios da indústria 4.0 39

3.1.5 Desafios enfrentados em um cenário de indústria 4.0 41

3.2 COMPETÊNCIAS 43

3.2.1 Tipos de competências e definições 43

3.2.2 Competências profissionais no contexto da indústria 4.0 44

3.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO TRÊS 59

4. PROCEDIMENTOS PARA A PESQUISA EMPÍRICA 60

4.1 ETAPAS PARA O DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO DAS COMPETÊNCIAS PROFISSIONAIS EM RELAÇÃO AOS PRINCÍPIOS REQUERIDOS PELA INDÚSTRIA 4.0 60

4.1.1 Etapa 3: Análise das relações entre as competências profissionais e os princípios requeridos pela indústria 4.0 por meio de pesquisa com especialistas (*delphi)* 61

4.1.2 Etapa 4: Aplicação do procedimento por meio de estudos de caso 64

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 68

5.1 RESULTADOS DO *DELPHI* 68

5.1.1 Resultados e discussões das competências relacionando com as categorias 74
5.1.2 Resultados das categorias relacionando com os princípios 75
5.1.3 Discussões finais do Delphi 77
5.2 RESULTADOS DOS ESTUDOS DE CASO 79
5.2.1 Análise dentro dos casos 79
5.2.2 Análise entre os casos e discussão: 119
5.2.3 Reflexões finais sobre a análise entre os casos 133
6. CONCLUSÃO 137
6.1 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS E PROBLEMA DE PESQUISA 137
6.2 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS E PRÁTICAS 139
6.3 LIMITAÇÕES E OPORTUNIDADES PARA NOVAS PESQUISAS 139
REFERÊNCIAS 141
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO *DELPHI* ENVIADO PARA OS ESPECIALISTAS 149
APÊNDICE B – *EMAIL* CONVITE AOS ESPECIALISTAS NO *DELPHI* 153
APÊNDICE C – RESULTADOS DO DELPHI 154
APÊNDICE D – ROTEIRO DE ENTREVISTAS 176

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo contempla o tema e o problema a serem investigados. Logo em seguida, a justificativa é apresentada bem como os objetivos geral e específicos a serem atingidos. Por fim, é apresentada a estrutura da dissertação contendo um panorama geral dos capítulos.

1.1. DESCRIÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

As revoluções industriais são períodos que causam profundas mudanças na sociedade, pois são inovações que levam a novos métodos de produção, e não se limitam a aumentar a eficiência ou produtividade, sendo, portanto, difícil definir esses períodos, onde a tecnologia, a manufatura e a natureza do trabalho mudam rapidamente (DAEMMRICH, 2017).

A primeira revolução industrial ocorreu aproximadamente entre 1760 e 1840 na Inglaterra, com a introdução da máquina a vapor, mecanização da agricultura, manufatura e transporte, dando início à produção mecânica (SCHWAB, 2016a; DAEMMRICH, 2017; RAMPASSO et al., 2020). A segunda revolução industrial se iniciou nos Estados Unidos com o surgimento da eletricidade, ganhos de escala de produção em massa através das linhas de montagem, invenção e produção em massa de plásticos sintéticos e novos materiais (DAEMMRICH, 2017; RAMPASSO et al., 2020). Já a terceira revolução industrial, iniciou na década de 1960 e foi impulsionada pelo desenvolvimento de semicondutores, da computação em *mainframe* e pessoal, e da internet, sendo nomeada de revolução digital ou do computador (SCHWAB, 2016a; RAMPASSO et al., 2020).

Atualmente, caminhamos para o início da quarta revolução industrial, a qual é caracterizada por uma internet móvel e onipresente, sensores menores, com menor custo e mais poderosos, além da presença da inteligência artificial e da *machine learning* (SCHWAB, 2016). A previsão para a quarta revolução industrial é que esta seja mais profunda que as anteriores, pois impactará em todos os campos da vida, desde o sequenciamento genético até a nanotecnologia, das energias renováveis à computação quântica, sendo muitas vezes reconhecida pelo termo indústria 4.0 (SCHWAB, 2016; SLUSARCZYK, 2018)

O termo “Indústria 4.0” foi apresentado pela primeira vez na Feira de Hannover (Alemanha) em 2011, como uma iniciativa do governo alemão, fazendo parte de um plano estratégico nacional chamado “*High-Tech Strategy 2020 Action Plan”* e atraiu grande atenção de acadêmicos, profissionais, autoridades governamentais e políticos de todo o mundo

(KAGERMANN *et al.*, 2013; SUNG, 2018). Segundo Kagermann *et al.* (2013) e Rampasso *et al.* (2020), a Indústria 4.0 é uma tendência atual de automação e troca de dados em tecnologias de manufatura. Isso inclui numerosas áreas, como por exemplo: inteligência artificial (*AI*, na sigla em inglês), robótica, internet das coisas (*IoT*, na sigla em inglês), veículos autônomos, impressão em 3D, nanotecnologia, biotecnologia, ciência dos materiais, baterias inteligentes, entre outros (SCHWAB, 2016).Essa tendência atual tem como essência a interseção entre produção, processos e fluxos de informações *on-line* (Internet das Coisas, *cloud*, *Big Data*) e dispositivos (sensores e *chips*) que se comunicam independentemente uns com os outros ao longo de toda cadeia de valor (CARUSO, 2017).

Essas tecnologias de informação e comunicação permitem que se viva hoje em um mundo digital interconectado, caracterizado por maior mobilidade e tempo de acesso à informação (FONSECA, 2018). De acordo com o relatório do Fórum Econômico Mundial (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016), até 2020 haverá mais de 26 bilhões de dispositivos conectados à Internet e mais de 4 bilhões de usuários de Internet. Por isso, (Picatoste *et al.*, 2018) consideram que a era da inovação é agora e deve começar focando nas pessoas. Dessa forma, Caruso (2017) considera a indústria 4.0 como parte da "economia digital" mais ampla, e Van Laar *et al.* (2017) considera as habilidades digitais do século 21 como impulsionadores da capacidade de inovação e competitividade das organizações.

Embora a literatura sobre indústria 4.0 esteja em expansão, grande parte das pesquisas tem se preocupado em estudar o nível de conhecimento básico sobre o assunto nas empresas, a existência de estratégias adequadas, pessoas responsáveis e a conscientização geral entre os funcionários para atuarem nesse contexto (SACKEY; BESTER, 2016; BASL, 2017; CARUSO, 2017; GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017; HECKLAU *et al.*, 2017; FREDDI, 2018; GRZELCZAK *et al*, 2018; SEDLAR *et al.*, 2018; VERDE LEAL, 2018).

Chiarello *et al.* (2018) e Sung (2018) também vêm buscando trazer uma discussão detalhada e prática da indústria 4.0, criando uma espécie de dicionário de tecnologia, reunindo definições, terminologias típicas desse contexto, a fim de ajudar o usuário a compreender com mais clareza essa nova realidade. Essa discussão detalhada aborda que a indústria 4.0 é considerada a próxima fase na digitalização do setor de manufatura, impulsionada por quatro disrupções: o aumento surpreendente nos volumes de dados, poder computacional e conectividade; surgimento de recursos analíticos e de inteligência de negócios; novas formas de interação homem-máquina; e melhorias na transferência de instruções digitais para o mundo físico, como robótica avançada e impressão 3-D. Além disso, existem algumas questões que devem ser tratadas com cuidado com relação a indústria 4.0: segurança de TI, confiabilidade e

estabilidade necessárias para comunicação máquina-a-máquina crítica (M2M), incluindo tempos de latência muito curtos e estáveis; falta de um conjunto de habilidades adequadas para ir em direção à quarta revolução industrial e a perda de muitos empregos para processos automáticos e processos controlados por TI.

Algumas pesquisas também têm se preocupado com o histórico e o desenvolvimento do conceito da indústria 4.0, como por exemplo, Rojko (2017). O autor afirma que o conceito da indústria 4.0 é muito abrangente e complexo, enfatizando três pontos principais: (1) O conceito da indústria 4.0 não se limita apenas à fabricação direta na empresa, mas inclui também uma cadeia de valor completa, desde fornecedores até clientes e todas as funções e serviços de negócios da empresa. (2) A indústria 4.0 pressupõe amplo suporte para todo o ciclo de vida de sistemas, produtos e séries, distribuídos tanto espacialmente quanto organizacionalmente. (3) A indústria 4.0 é uma especialização da Internet das Coisas aplicada ao ambiente industrial.

O impacto para as pessoas em todas as revoluções industriais anteriormente citadas foi significativo, alterando diretamente a relação entre o homem e o trabalho, tendo um elevado impacto nas qualificações dos funcionários, de modo que novos perfis profissionais são exigidos, principalmente na área de ciência de dados e tecnologia da informação (JERMAN *et al.*, 2018; PARK, 2018; RAMPASSO *et al.*, 2020). Não se espera que isso ocorra diferente no contexto da indústria 4.0, em que o foco principal está nas competências profissionais necessárias para atuar nessa nova realidade (HERNANDEZ-DE-MENENDEZ *et al.*, 2020a; ECHEVERRÍA; MARTÍNEZ, 2018). Esse tema, embora pouco discutido, já tem sido abordado em encontros, congressos e alguns artigos científicos em diversas partes do mundo.

Por exemplo, Jerman *et al.* (2018) realizaram uma análise bibliométrica e mineração de dados para descobrir quais competências são necessárias para atuação em fábricas inteligentes, que fazem parte do contexto da indústria 4.0. Essa pesquisa forneceu implicações práticas para gerentes preocupados com a gestão de recursos humanos, e do ponto de vista teórico, agregou valor à literatura no campo da fabricação inteligente, pois as competências futuras são pouco pesquisadas nessa área (JERMAN *et al.*, 2018). Já o trabalho de Grzybowska e Łupicka (2017) respondeu à seguinte pergunta: que tipos de competências são necessárias para os gerentes contemporâneos para lidar com os novos desafios do setor 4.0? Nesse trabalho, os autores dividiram as competências em 3 categorias: técnicas, gerenciais e sociais e aplicaram um questionário aos especialistas nos setores farmacêutico e automotivo, fazendo uma análise comparativa das principais competências gerenciais entre esses dois setores. Sackey e Bester (2016) realizaram uma pesquisa sobre os prováveis impactos na educação e currículo da Engenharia Industrial no contexto da indústria 4.0, além de identificar aprimoramentos de

conteúdo curricular necessários para acomodar as preocupações dessa nova realidade. Já Freddi (2018), Caruso (2017), Hecklau *et al.* (2017) e Echeverría, Martínez (2018) abordaram o impacto das novas tecnologias digitais no emprego, mostrando que novos tipos de habilidades serão demandados no futuro da indústria. Grzelczak *et al.*, 2018 abordaram a importância das competências dos funcionários que são essenciais para o desenvolvimento da indústria 4.0 na Polônia. Sedlar *et al.* (2018) e Hernandez-de-menendez *et al.* (2020a) apresentou que a educação e formação em Tecnologias da Informação e Comunicação não estão fornecendo todas as competências necessárias para esse novo contexto e, portanto, são ineficientes para atender às necessidades da indústria e da economia. Por fim, Hernandez-de-menendez *et al.* (2020a) revisaram competências, bem como tecnologias, necessárias para atuar nesse contexto.

Dessa forma, o que se percebe, é que, apesar de existirem pesquisas que focam em competências profissionais dentro do contexto da indústria 4.0, elas ainda são escassas. Jerman *et al.*(2018), por exemplo, ressaltam a necessidade de preenchimento de uma lacuna no que se refere à identificação, medição e desenvolvimento de competências-chave dos funcionários dentro das organizações, tendo em vista que as competências-padrão adquiridas pelos meio regulares não são suficientes para a demanda do mercado. Liszka *et al.* (2019), Echeverría e Martínez (2018) enfatizam a necessidade de mudanças nas competências dos funcionários, devido à automação total dos processos de produção e o acesso universal a dados e máquinas. Além disso, Prifti *et al.* (2017) e Erol *et al.* (2016) relatam a necessidade de mais pesquisas na área do desenvolvimento das competências dos funcionários, requeridas pela indústria 4.0. Além de Jerman *et al.* (2018), Bauer *et al.* (2015), Shamim *et al.* (2016), Picatoste *et al.* (2018), Sohimi *et al.* (2019) e Motyl e Filippi (2020) ressaltam a necessidade do preenchimento de uma lacuna no que se refere ao desenvolvimento, treinamento e gestão de pessoas, que deve ser uma prioridade dentro das empresas, tendo em vista que a maioria dos estudos discute apenas aspectos tecnológicos.

Além disso, a indústria 4.0 agrega um conjunto de princípios relevantes para a adoção das novas tecnologias desse novo contexto, como por exemplo interoperabilidade, padronização, virtualização, capacidade de operação em tempo real, orientação a serviços, modularidade e descentralização. Por essa razão, esse trabalho buscar focar nos aspectos relacionados ao desenvolvimento de pessoas, identificando as competências requeridas pela indústria 4.0 do ponto de vista do gestor, dividindo-as em categorias e relacionando-as com os princípios requeridos nesse novo contexto, o que não foi encontrado até então em nenhum trabalho na literatura. A escolha da relação das competências com os princípios foi feita pelo fato de que os princípios compõem a base da indústria 4.0 e são permanentes, permitindo que

empresas identifiquem e implementem cenários da indústria 4.0, servindo como guia e apoiando os profissionais no desenvolvimento de soluções adequadas para esse contexto (GREGOR, 2009; HERMANN *et al.*, 2015; HERMANN *et al.*, 2016). Além disso, os princípios ajudam a esclarecer, entre os profissionais, o entendimento básico do termo "indústria 4.0", e entre os pesquisadores, ajuda na identificação, descrição e seleção de cenários da indústria 4.0 no contexto de investigações futuras (HERMANN et al., 2015; HERMANN *et al.*, 2016). De uma forma geral, o que se observa é que os estudos são recentes e abordam temas muito abrangentes, o que abre espaço para debates, novos entendimentos e proposições. Desta forma, procurando cobrir as lacunas ora citadas e, levando em consideração as pesquisas realizadas com foco nas competências profissionais requeridas pela indústria 4.0, essa dissertação busca responder ao seguinte questionamento: **Como avaliar as competências profissionais relacionadas aos princípios da indústria 4.0?**

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um procedimento para a avaliação das competências profissionais em relação aos princípios da indústria 4.0.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Mapear os princípios da indústria 4.0;
- Identificar as competências profissionais requeridas pela indústria 4.0;
- Identificar e analisar as relações entre as competências profissionais e os princípios da indústria 4.0, considerando a opinião de especialistas;
- Aplicar e validar o procedimento de avaliação por meio de estudos de caso.

1.3. JUSTIFICATIVA

Os principais fatores de sucesso de uma fábrica inteligente conectada incluem: sistemas de produção, cadeia de valor entre empresas e conexão e integração entre humanos, objetos e serviços em todo o ciclo de vida do produto (PARK, 2016). Entretanto, para atuação em uma

fábrica inteligente, é necessário o desenvolvimento de certas competências profissionais, sendo esse um tema pouco abordado na literatura (JERMAN *et al.*, 2018), conforme já destacado anteriormente.

Além das competências técnicas, que envolvem conhecimentos como robótica, cibernética, matemática, TI (tecnologia da informação), as competências sociais são desejáveis, principalmente flexibilidade e adaptabilidade, tendo em vista as mudanças constantes no mercado (JANÍKOVÁ; KOWALIKOVÁ, 2017; RAMPASSO et al., 2020). Por essa razão, o estudo e o desenvolvimento de competências profissionais nas organizações não representa mais uma vantagem competitiva, mas um modo fundamental de operações nas organizações (JERMAN *et al.*, 2018).

Além disso, Jerman *et al.*(2018) ressaltaram a necessidade de preenchimento de uma lacuna no que se refere à identificação, medição e desenvolvimento de competências-chave dos funcionários dentro das organizações, tendo em vista que as competências-padrão adquiridas pelos meio regulares não são suficientes para a demanda do mercado. O quantitativo global realizado pelo ManpowerGroup, com mais de 18000 funcionários em 43 países, constatou o surgimento de uma "Revolução das Competências", em que ajudar as pessoas a aumentar sua qualificação e se ajustar às rápidas mudanças do mundo do trabalho será o desafio que definirá o nosso tempo (MANPOWERGROUP, 2016).

Picatoste *et al.* (2018), Sohimi *et al.* (2019), Motyl e Filippi (2020) também ressaltaram a necessidade do preenchimento de uma lacuna no que se refere ao desenvolvimento, treinamento e gestão de pessoas, que deve ser uma prioridade dentro das empresas, tendo em vista que a maioria dos estudos discute apenas aspectos tecnológicos. Prifti *et al.* (2017) afirmaram que as competências comportamentais são as mais importantes que os funcionários de uma empresa devem possuir. Por essa razão, Liszka *et al.* (2019) enfatizaram a necessidade de mudanças nas competências dos funcionários, devido à automação total dos processos de produção e o acesso universal a dados e máquinas. Além disso, Prifti *et al.* (2017), Erol *et al.* (2016), Echeverría e Martínez (2018) relataram a necessidade de mais pesquisas na área do desenvolvimento das competências dos funcionários, requeridas pela indústria 4.0. E, por fim, Sedlar *et al.* (2018) e Hernandez-de-menendez *et al.* (2020a) relataram que a educação e a formação tradicional em TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) não estão a fornecer as competências necessárias e, são, portanto, ineficazes para satisfazer as necessidades da economia 4.0.

Esse trabalho é importante porque diante de um cenário de indústria 4.0, em que vários postos de trabalho são substituídos por máquinas, é de suma importância falar sobre que

competências são necessárias para estar preparado para essa nova realidade. Além disso, é relevante para os gestores das empresas poderem avaliar a sua equipe, verificando como os profissionais estão preparados para o uso das tecnologias da indústria 4.0 a partir da avaliação das competências e, consequentemente, para a adoção dos princípios da indústria 4.0. Sendo assim, a partir do desenvolvimento de um procedimento de avaliação, este poderá ser aplicado a fim de verificar se uma empresa está no caminho de alguns princípios da indústria 4.0 ou não, baseando-se nas competências dos colaboradores.

Dessa forma, este trabalho avança no conhecimento e contribui para a literatura de diversas formas. Por exemplo, diferentemente de Grzybowska e Łupicka (2017), nessa dissertação, ao analisar a literatura, foi possível encontrar diferentes nomenclaturas e termos para as diferentes competências profissionais dentro do contexto da indústria 4.0. No entanto, muitas delas estavam relacionadas ao mesmo aspecto. Portanto, para facilitar nas etapas posteriores da pesquisa, essas competências foram analisadas e agrupadas em 4 grandes categorias, denominadas pessoal, social, metodológica e técnica, sendo esta mais uma contribuição da presente pesquisa.

Além disso, diferentemente de Freddi (2018), Caruso (2017) e Hecklau *et al.* (2017), essa pesquisa visa, além de identificar as competências profissionais requeridas pela indústria 4.0, relacioná-las com os princípios para a sua implementação, estabelecendo um grau de importância nessa relação, de acordo com a opinião de especialistas. Além disso, a pesquisa desenvolvida nessa dissertação permitiu relacionar os desafios da indústria 4.0 e as competências que são necessárias para enfrentá-los, o que não foi encontrado na literatura até então.

Sob o ponto de vista prático, esse trabalho traz como contribuição a proposição e a validação de um procedimento de avaliação que mapeará o grau de desenvolvimento das competências requeridas pela indústria 4.0 em uma empresa, associando-as com os princípios. Dessa forma, gestores e tomadores de decisão poderão utilizá-los na prática a fim de direcioná-los no que tange a necessidade de desenvolver as competências dos colaboradores que influenciam em determinados princípios, bem como nas tecnologias essenciais nesse novo contexto.

1.4. ESTRUTURA DO PROJETO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos (Figura 1). O capítulo introdutório contempla o tema, o problema de pesquisa, a justificativa, os objetivos (geral e específicos) e a estrutura da dissertação.

O segundo capítulo compõe os procedimentos para a revisão da literatura, em que são apresentados o planejamento da revisão, a condução da revisão e relatórios e divulgação.

O capítulo três apresenta uma retrospectiva das mudanças históricas causadas pelas três primeiras revoluções industriais, conceitos, tecnologias, princípios, benefícios e desafios da indústria 4.0. Em seguida as competências profissionais requeridas nesse contexto são apresentadas, bem como as suas definições.

O capítulo quatro compõe a metodologia, tratando dos procedimentos metodológicos para aplicação empírica. São apresentadas as etapas para o desenvolvimento e validação do procedimento de avaliação das competências profissionais em relação aos princípios requeridos pela indústria 4.0, por meio de uma pesquisa com especialistas através do Delphi e por meio da aplicação do procedimento por meio de estudos de caso.

No que se refere ao quinto capítulo, este aborda os resultados e discussões da pesquisa. Primeiramente, é abordado os resultados do Delphi, relacionando as competências com as categorias, depois relaciona as categorias com os princípios e, por fim são apresentadas as discussões finais referentes ao Delphi. Em seguida, são apresentadas as análises dos estudos de caso, tanto a análise dentro dos casos quanto a análise entre os casos e suas discussões e reflexões finais.

Por fim, o capítulo seis contempla as conclusões do trabalho, resgatando os objetivos da pesquisa, apresentando as contribuições teóricas e práticas, limitações, bem como sugestões para futuras pesquisas. A Figura 1 apresenta a estrutura da dissertação dividida em seis capítulos.

Figura 1 - Estrutura da dissertação

Fonte: Próprio autor

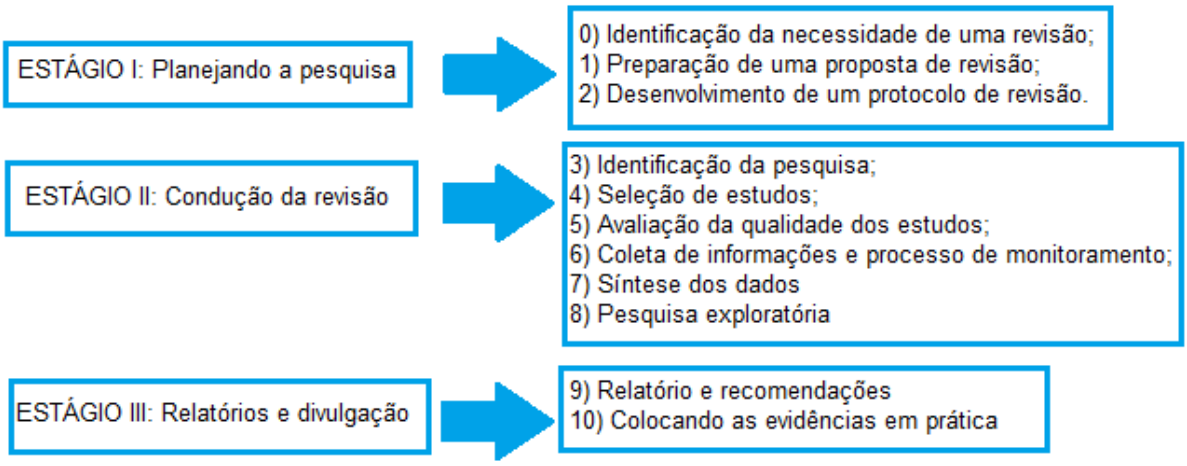
2. PROCEDIMENTOS PARA REVISÃO DA LITERATURA

Essa seção é dedicada aos procedimentos utilizados para elaboração da revisão da literatura. Para tanto, optou-se pelo método de revisão sistemática da literatura (RSL), cujas etapas adotadas podem ser visualizadas na Figura 2.

A RSL foi adotada com o intuito de localizar estudos existentes, selecionar e avaliar contribuições, analisar e sintetizar dados, além de relatar as evidências de tal forma que permite conclusões razoavelmente claras sobre o que é e o que não é conhecido (DENYER; TRANSFIELD, 2009). Dessa forma, a RSL permitiu que o pesquisador mapeasse e avaliasse o território intelectual existente, auxiliando na elaboração do problema de pesquisa e no desenvolvimento do conhecimento existente sobre o tema em estudo (TRANFIELD *et al.*, 2003).

As etapas adotadas na RSL e apresentadas na Figura 2 , seguiu a metodologia proposta por Tranfield *et al.* (2003), sendo descritas a seguir.

Figura 2 - Etapas da revisão da literatura



Fonte: Próprio autor

2.1 ESTÁGIO I – PLANEJANDO A REVISÃO

A pesquisa sobre a temática iniciou com uma revisão exploratória da literatura. Dessa forma, se buscou artigos em diferentes bases de dados, bem como teses e dissertações indicadas pelos professores orientadores. Dessa forma, a partir da análise desses materiais, identificou-se a necessidade de realizar uma pesquisa mais aprofundada, pelo fato do tópico “competências necessárias em um contexto de indústria 4.0” ser pouco estudado (JERMAN *et al.*, 2018). Por

essa razão, essa revisão teve como proposta determinar que tipos de competências profissionais são necessárias para atuar em um contexto de indústria 4.0, considerando os princípios dentro desse contexto.

Dessa forma, foram definidas palavras e termos que mais se associassem com o tema em investigação "competências profissionais e indústria 4.0", sendo definidos os seguintes *strings* de pesquisa (Quadros 1 e 2). Os termos utilizados com * servem para resgatar todas as variações do prefixo imputado. Por exemplo: "*innovat**" retorna *innovation, innovativeness, innovative, innovations*, etc.

Quadro 1 - Competências profissionais e a indústria 4.0

Termos de busca e operador	**Campos de pesquisa**
"fourth industrial revolution" OR "fourth revolution" OR "industr 4.0" OR "industr*4.0"*	Tópico
competenc OR skil* OR capabilit**	Tópico
individual OR human OR employe OR work**	Tópico

Fonte: Próprio autor

Quadro 2 - Inovação e a indústria 4.0

Termos de busca e operador	**Campos de pesquisa**
"fourth industrial revolution" OR "fourth revolution" OR "industr 4.0" OR "industr*4.0"*	Tópico
*innovat**	Tópico

Fonte: Próprio autor

Além disso, a razão pela qual se utilizou todos os termos no tópico se deve ao fato de que a literatura de indústria 4.0 ser relativamente escassa e nova e, por essa razão, a intenção era conseguir o maior número de artigos possíveis. Nesse estágio, também foi definida a base de dados ISI Web of Science, pelo fato dela ser uma base multidisciplinar e possuir extrema relevância se comparada às outras bases de dados (WANG; WALTMAN, 2016a). Para finalizar, convém ressaltar que muitos artigos da revisão exploratória não foram encontrados na RSL e, por isso, foram incluídos ao *portfólio* final da pesquisa. Essa análise exploratória foi realizada no início da pesquisa e ao final, para utilizar artigos mais atualizados sobre a temática.

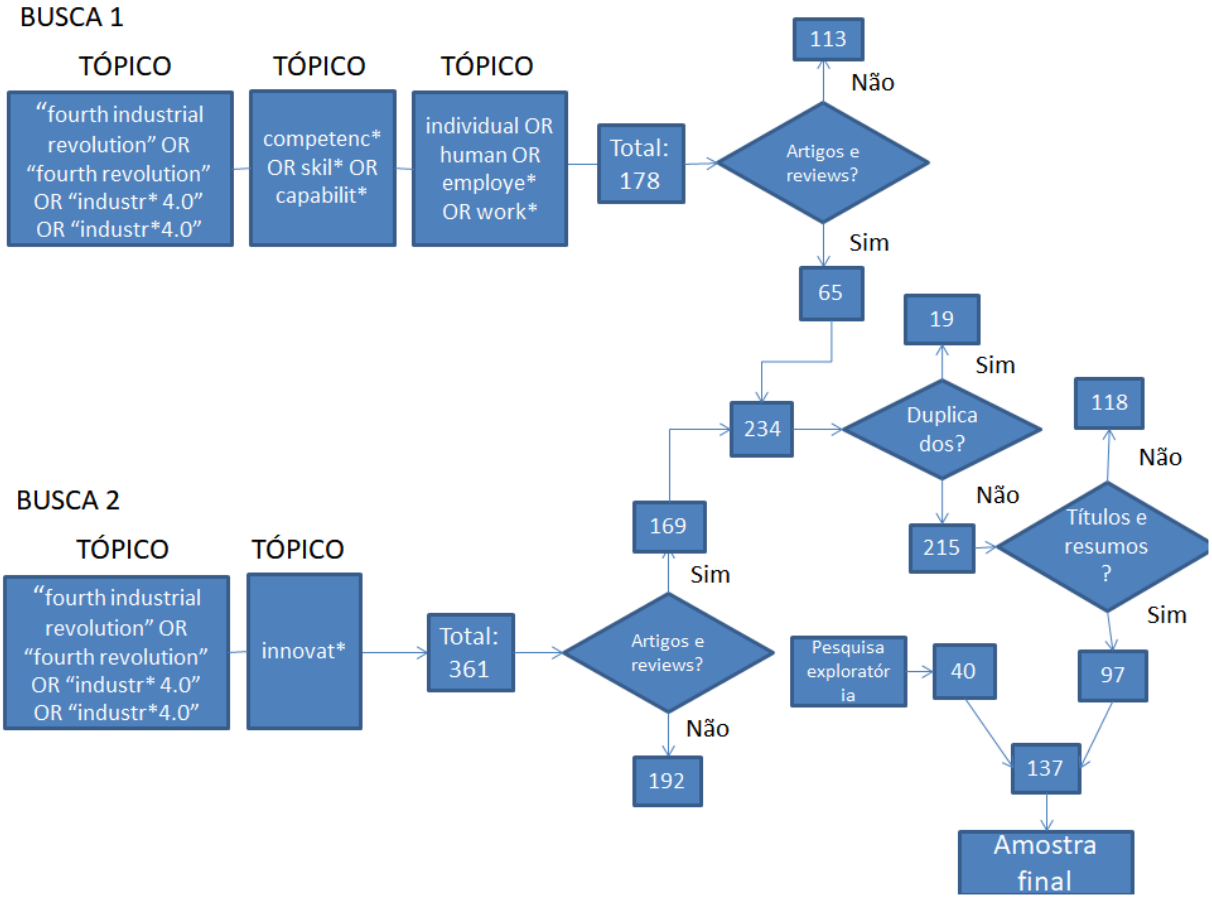
2.2 ESTÁGIO II – CONDUÇÃO DA REVISÃO

Após a definição dos *strings* e da base de dados, foi realizada uma pesquisa no dia 04 de outubro de 2018 considerando os *strings* apresentados nos Quadros 1 e 2. Assim, a busca 1 (Quadro 1) resultou em 178 artigos, que após serem filtrados por "*article*" e "*review*" gerou um total de 65 artigos. Na busca 2 (Quadro 2), foram obtidos 361 artigos, os quais foram reduzidos

a 169 após o critério de filtragem mencionado anteriormente. Após cada busca realizada, os artigos foram colocados em uma lista marcada no ISI Web of Science para que fosse possível detectar as duplicações. No final de todo o processo foram obtidos 215 artigos na lista marcada. Além do processo de filtragem mencionado no parágrafo anterior, foi realizado um processo de exclusão por títulos e resumos simultaneamente, de modo que foram excluídos aqueles que não relacionavam competências profissionais com indústria 4.0.

Em seguida, os 215 artigos passaram uma por uma leitura na integram em que foram subdivididos em 3 categorias: (i) artigos que relacionam fortemente competências profissionais e indústria 4.0; (ii) artigos que apenas citam essa relação de maneira mais simples; e, (iii) artigos abordavam de maneira mais geral o tema indústria 4.0. Dessa forma, após a leitura na íntegra desses artigos, foi obtida uma amostra de 97 artigos, além de 40 artigos provenientes da pesquisa exploratória, resultando em 137 artigos, conforme se observa na Figura 3.

Figura 3 - Processo de obtenção da amostra simplificada



Fonte: Próprio autor

Dentre os artigos que relacionam fortemente competências profissionais e indústria 4.0, metade deles apresentavam as competências importantes para a indústria 4.0. Nos artigos que apenas citam essa relação de maneira mais simples, esse número já diminui para menos da metade no que se refere à menção às competências profissionais. Por último, os artigos que abordam de maneira mais geral o tema indústria 4.0 não mencionam competências requeridas pela indústria 4.0.

Para a análise dos artigos, esta foi feita por meio da técnica de análise de conteúdo. Essa técnica é interessante e apropriada para essa pesquisa, pois é definida como uma técnica de pesquisa para fazer inferências replicáveis e válidas a partir de textos (ou outro assunto significativo) para os contextos de seu uso (WHITE; MARSH, 2006). Nessa pesquisa, a partir da leitura dos trabalhos, busca-se inserir, em planilhas de Excel, as seguintes variáveis (categorias) de pesquisa: conceitos, principais definições, desafios, tecnologias, princípios e competências profissionais da indústria 4.0.

2.3 ESTÁGIO III – RELATÓRIOS E DIVULGAÇÃO

Para finalizar, o último estágio da RSL adotada nesta dissertação, corresponde ao relatório dos resultados da revisão, que corresponde ao capítulo três desse trabalho.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Nesse capítulo, inicialmente o tema indústria 4.0 é abordado, envolvendo seu conceito e características da quarta revolução industrial, além das tecnologias envolvidas, princípios, benefícios e desafios. Além disso, esse capítulo aborda a temática de competências definindo os tipos de competências e tratando a respeito das competências profissionais requeridas pela indústria 4.0. Por fim, é elaborada uma proposta de procedimento de avaliação que relaciona as competências com os princípios e no final há uma síntese do capítulo três.

3.1 INDÚSTRIA 4.0

3.1.1 Conceito e características da quarta revolução industrial

Segundo Schwab (2016), existem três características que distinguem a quarta revolução industrial das três últimas ocorridas:

1) Velocidade: o ritmo de evolução é exponencial e não linear, além de que novas tecnologias geram outras mais novas e cada vez mais qualificadas.
2) Amplitude e profundidade: ocorrem mudanças de paradigmas sem precedentes da economia, dos negócios, da sociedade e dos indivíduos
3) Impacto sistêmico: ela envolve a transformação de sistemas inteiros entre países e dentro deles, em empresas, indústrias e em toda sociedade.

A quarta revolução industrial deriva do termo alemão “Industrie 4.0” e foi anunciada na Feira de Hannover de 2011, sendo baseada nas tecnologias de informação e comunicação, estando associada a CPS (*Cyber Physical Systems*), cuja função é integrar as máquinas e os seres humanos a máquinas. (BASL, 2017; REHSE *et al.*, 2018).

Diversos autores definem Indústria 4.0 de diferentes maneiras, conforme pode ser visualizado no levantamento apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 - Definições da indústria 4.0

DEFINIÇÕES DE INDÚSTRIA 4.0	AUTORES
Refere-se aos recentes avanços tecnológicos nos quais a Internet e as tecnologias de suporte (por exemplo, sistemas embarcados) servem como espinha dorsal para integrar objetos físicos, seres humanos, máquinas inteligentes, linhas de produção e processos através dos limites organizacionais para formar um novo tipo de cadeia de valor inteligente, conectada em rede e ágil	(SCHUMACHER *et al.*, 2016, p 2, tradução nossa)
O termo “Industrie 4.0” representa a quarta revolução industrial, o próximo estágio na organização e controle de todo o fluxo de valor ao longo do ciclo de vida de um produto. Esse ciclo é baseado nos desejos do cliente cada vez mais individualizados e abrange desde a ideia, o pedido, o desenvolvimento, a	(BITKOM *et al.*, 2016, p 12, tradução nossa)

DEFINIÇÕES DE INDÚSTRIA 4.0	AUTORES
produção e a entrega ao cliente final, passando pela reciclagem e serviços relacionados.	
Industrie 4.0 é a capacidade de rede *ad hoc* entre máquinas inteligentes, instalações de produção, componentes, bem como sistemas de armazenamento e transporte via Internet, para formar redes de valor poderosas.	(KLOCKE; GAUSEMEIER, 2016, p 11, tradução nossa)
Pode ser descrito como um aumento na quantidade de digitalização em toda a cadeia de valor e uma possível estruturação da transferência de dados entre pessoas, objetos e sistemas em tempo real.	(BAYRAKTAR; ATAC, 2019, p 6, tradução nossa)
A "4ª Revolução Industrial" é caracterizada pela digitalização e integração avançadas dos processos industriais de fabricação e logística, e pelo uso da Internet e objetos "inteligentes" (máquinas e produtos).	(FONSECA, 2018, p 3, tradução nossa)
É uma nova palavra da moda em muitas partes das indústrias que fabricam produtos e serviços de distribuição. A ideia por trás do conceito é conectar não apenas todos os elementos do processo da cadeia de valor em um único sistema, mas para incluir muitas partes de nossa vida cotidiana como consumidores.	(HOLGER, 2016, p 2, tradução nossa)
É uma tendência de automação e troca de dados em tecnologias de fabricação	(SEDLAR *et al.*, 2018, p 2, tradução nossa)
É a atual tendência internacional de automação, IoT e troca de dados em ambientes de fabricação.	(CALITZ *et al.*, 2003, p 1, tradução nossa)

Fonte: Próprio autor

Analisando as informações apresentadas no Quadro 3, a definição de indústria 4.0 pode ser resumida como sendo um conjunto de recentes avanços tecnológicos, por meio da digitalização e integração avançadas dos processos industriais de fabricação e logística, nos quais a internet e tecnologias de suporte, como por exemplo sistemas embarcados, servem como base para integrar todos os elementos do processo da cadeia de valor em um único sistema. Além disso, essa integração ocorre por meio da transferência de dados entre pessoas, objetos e sistemas em tempo real através do CPS.

O CPS (*Cyber-physical systems*) é um sistema que conecta máquinas e seres humanos, dando origem ao termo fábrica inteligente. O CPS integra os processos físicos e de computação para obter monitoramento e colaboração em tempo real dos sistemas virtuais e físicos (CHIEN *et al.*, 2017; CHAKA, 2020). Além do CPS, existem algumas tecnologias de informação emergentes que serão explicadas com mais detalhes na Seção 2.2.2, como o IoT, big data e computação em nuvem, bem como tecnologias de inteligência artificial, que constituem fatores de ativação da Indústria 4.0 (WANG *et al.*, 2016b). A integração dessas tecnologias com automação industrial, negócios e comércio é capaz de alcançar uma enorme melhoria da indústria (WANG *et al.*, 2016b).

No que se refere à IoT, a sua implementação gera compartilhamento de informações em toda cadeia de valor, permitindo uma interação e troca contínuas de informação não apenas entre humanos ou humanos e máquinas, mas entre as próprias máquinas (CHIEN *et al.*, 2017; JERMAN *et al.*, 2018). Por essa razão, com a integração de CPS e IoT, o conceito de fábrica inteligente pode ser visualizado como sendo um sistema adaptável, flexível, de auto adaptação

e de autoaprendizagem, tendo em vista que a indústria 4.0 visa satisfazer de forma eficiente e eficaz os requisitos de cada cliente e obter personalização em massa. (KAGERMANN *et al.*, 2013; CHIEN *et al.*, 2017). O Quadro 4 apresenta definições de diferentes autores sobre a fábrica inteligente.

Quadro 4 - Definições de fábrica inteligente

DEFINIÇÕES DE FÁBRICA INTELIGENTE	AUTORES
É o conceito principal da indústria 4.0 e é marcada por uma reconfiguração auto organizada, auxiliada por *feedback* e coordenação, baseados em big data	(WANG *et al.*, 2016b)
Uma fábrica inteligente reconhece o contexto e auxilia pessoas e máquinas na execução de suas tarefas	(LUCKE *et al.*, 2005)
Sistema *cyber*-físico, onde a produção flexível e ágil é implementada, além de integrar objetos físicos, transportadores e produtos com sistemas de informação	(JERMAN *et al.*, 2018)
Conceito central da Indústria 4.0, que emprega sistemas *cyber*-físicos para monitorar os processos físicos de produção da fábrica e possibilitar a tomada de decisão descentralizada	(LIN *et al.*, 2017)

Fonte: Próprio autor

Em resumo, possuir um sistema *cyber*-físico, que integra o mundo físico e virtual, monitorando processos em tempo real para uma tomada de decisão mais assertiva, de modo que a produção ágil e flexível possa ser implementada, pode ser considerada como uma característica principal da indústria 4.0, caracterizando a fábrica inteligente.

Em uma fábrica inteligente, máquinas, transportadores e produtos inteligentes se comunicam e negociam entre si para se reconfigurar para uma produção flexível de vários tipos de produtos inteligentes para o mercado global (JERMAN *et al.*, 2018; NICK *et al.*, 2018). Além disso, com a ajuda de sensores, atuadores e técnicas de computação onipresentes, as fábricas podem controlar sua própria produção e operar de forma autônoma (REHSE *et al.*, 2018).

O futuro da produção, como previsto pela indústria 4.0, caracteriza-se por pequenas redes de produção descentralizada e digitalizada que agem de forma autônoma e, portanto, são capazes de controlar eficientemente suas operações em resposta a mudanças no ambiente e objetivos estratégicos (EROL *et al.*, 2016).

Na fábrica inteligente, muitos processos de fabricação, como *design* de produto, planejamento de produção, engenharia de produção e produção e serviços são simulados como módulos e, em seguida, conectados estreitamente de ponta a ponta, o que significa que esses processos não são comandados apenas por um sistema descentralizado, mas também controlado interdependentemente (QIN *et al.*, 2016).

Com relação à produção de uma fábrica inteligente, ela traz diversas vantagens se comparada à produção de uma fábrica convencional, conforme descrito por (BUNSE *et al.*, 2014):

1) Processos de produção otimizados para CPS: “unidades” da fábrica inteligente são capazes de determinar e identificar seus campos de atividade, opções de configuração e condições da produção, além de se comunicar de maneira independente e sem fio com outras unidades;
2) Manufatura otimizada de produtos para clientes individuais, através da compilação inteligente do sistema de produção ideal, que considera as propriedades do produto, custos, logística, segurança, confiabilidade, tempo e sustentabilidade;
3) Produção eficiente de recursos; e,
4) Ajustes personalizados à força de trabalho humano, para que a máquina se adapte ao ciclo de trabalho humano.

Segundo WANG *et al.* (2016b), a fábrica inteligente exibe um paradigma de produção atraente e promissor, tendo em vista que os produtos personalizados podem ser produzidos de maneira eficaz, eficiente e lucrativa. Sendo assim, existem alguns benefícios com relação à sua implementação que toda a sociedade pode se beneficiar, conforme Quadro 5 (WANG *et al.*, 2016b):

Quadro 5 - Benefícios da fábrica inteligente

BENEFÍCIOS	MOTIVO
Flexibilidade	Os artefatos inteligentes da fábrica podem ser reconfigurados automaticamente para produzir vários tipos de produtos
Produtividade	A fábrica inteligente pode produzir produtos de pequenos lotes de diferentes tipos com mais eficiência
Recursos e eficiência energética	As matérias-primas necessárias podem ser determinadas antes que a redundância da produção e do produto possa ser minimizada. Além disso, as máquinas inteligentes operam de maneira mais inteligente de modo que o consumo de energia pode ser reduzido consequentemente.
Transparência	Com base na análise de *big data*, é possível quantificar indicadores de desempenho relacionados a máquinas, produtos e sistemas, de modo a permitir tomadas de decisões precisas e eficazes mais rapidamente. Além disso, perguntas sobre como melhorar o sistema podem ser facilmente respondidas.
Promover integração	Consumidores, atividades de design, fabricação e logística podem interagir formando uma rede global de colaboração. Isso fornece um paradigma de produção sustentável, que tem um impacto profundo no estilo de vida, na cultura e na organização social
Rentável	Os itens podem ser produzidos de maneira lucrativa na fábrica inteligente, pois o custo das tecnologias da informação diminui constantemente enquanto o desempenho melhora. Isso se deve à flexibilidade e eficiência de recursos e energia
Amigável aos funcionários	As máquinas operam automaticamente sozinhas para que nenhum funcionário precise executar tarefas rotineiras. Além disso, pessoas do mundo todo podem trabalhar juntas para executar trabalhos de reparo remoto, pois as pessoas e o computador podem interagir entre si através da nuvem.

Fonte: (WANG *et al.*, 2016b)

Dentre os benefícios da fábrica inteligente, é possível notar que a flexibilidade permite uma maior personalização dos produtos, com a consequente satisfação dos requisitos do cliente, com o mesmo nível de custo-benefício que a produção em massa. O aumento da produtividade permite fornecer serviços ou produtos de alta qualidade ao menor custo, tendo em vista que o custo das tecnologias da informação diminui constantemente enquanto o desempenho melhora. Isso se deve ao fato de que as máquinas operam de maneira mais inteligente, através de monitoramento em tempo real do produto, com um consumo de energia reduzido, o que melhora os processos de produção, consequentemente. Além disso, a fábrica inteligente é amigável aos funcionários, tendo em vista que os sistemas de computação em nuvem permitem armazenar dados em um ambiente de compartilhamento conectado em rede, o que facilita a execução de trabalhos de reparo remoto, contribuindo para uma organização de trabalho colaborativa.

Segundo Chen (2017), existem dois níveis de tecnologia da fábrica inteligente: o primeiro nível concentra-se no chão de fábrica, onde todos os dispositivos de produção são totalmente integrados por sistemas de comunicação com ou sem fio, onde máquinas ou dispositivos individuais não são mais isolados. O segundo nível vem com um modelo de fábrica totalmente digitalizado (isto é, um gêmeo digital) para um sistema de produção (CHEN, 2017). O gêmeo digital está completamente conectado ao sistema corporativo de gerenciamento do ciclo de vida do produto (PLM) com sensores, controladores, controladores lógicos programáveis (PLCs), controladores numéricos de computador (CNCs), sistemas de controle supervisório e aquisição de dados (SCADA) e outros dispositivos de comunicação (CHEN, 2017). As condições do chão de fábrica de um sistema são refletidas imediatamente pelo seu gêmeo digital, para monitoramento, previsão e controle efetivos dos eventos atuais e futuros (CHEN, 2017).

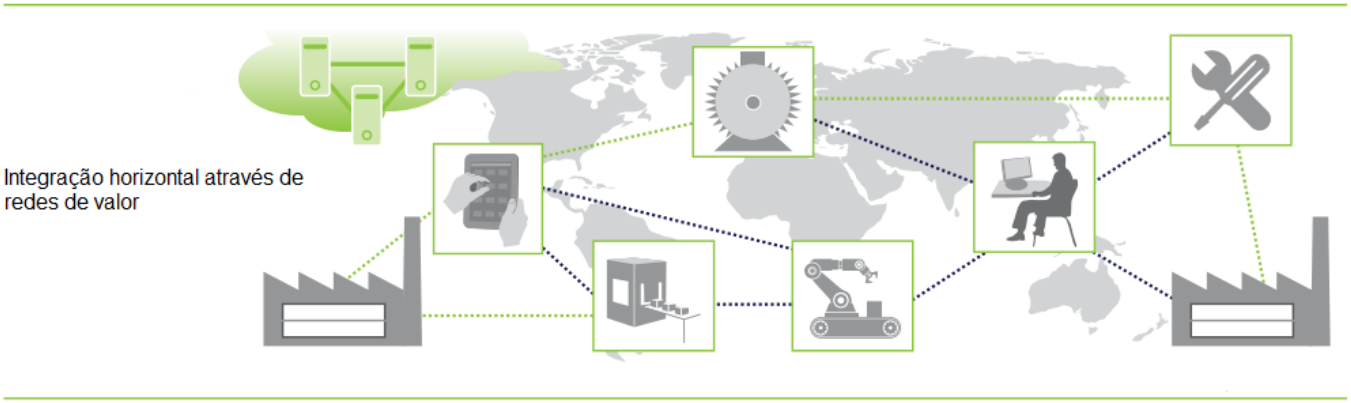
No que se refere à implementação das tecnologias da Indústria 4.0, existem três principais características que devem ser consideradas: (i) integração horizontal por meio de redes de valor para facilitar a colaboração entre empresas; (ii) integração vertical de subsistemas hierárquicos dentro de uma fábrica para criar um sistema de manufatura flexível e reconfigurável; e, (iii) integração de engenharia de ponta a ponta em toda a cadeia de valor para suportar a personalização do produto (WANG *et al.*, 2016b).

A integração horizontal tem o papel de integrar os vários sistemas de TI (Tecnologia da Informação) usados nas diferentes etapas dos processos de fabricação e planejamento de negócios que envolvem uma troca de materiais, energia e informações dentro de uma empresa (por exemplo, logística de entrada, produção, logística de saída, *marketing*) e entre várias empresas diferentes (redes de valor) (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013;

HERNANDEZ-DE-MENENDEZ et al., 2020a; HERNANDEZ-DE-MENENDEZ *et al.*, 2020b)Além disso, ela considera todos os elos da cadeia de valor e os relacionamentos que são desenvolvidos, estabelecendo e mantendo redes que criam e agregam valor (SAUCEDO-MARTÍNEZ *et al.*, 2018). A Figura 4 apresenta a integração horizontal.

No que se refere à integração vertical, ela tem a função de integrar os vários sistemas de TI nos diferentes níveis hierárquicos (por exemplo, nível de atuador e sensor, nível de fabricação e execução, nível de gerenciamento de produção e planejamento corporativo) para fornecer uma solução de ponta a ponta (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; HERNANDEZ-DE-MENENDEZ *et al.*, 2020a). Com essa integração, as máquinas inteligentes formam um sistema auto organizado que pode ser reconfigurado dinamicamente para se adaptar a diferentes tipos de produtos (WANG *et al.*, 2016b). Além disso, seu principal objetivo é fazer com que uma fábrica trabalhe de maneira inteligente com seus produtos e processos de produção, gerenciando adequadamente os níveis de estoque, manutenção, falhas nas máquinas, entre outros aspectos. A Figura 5 apresenta a integração vertical.

Figura 4 - Integração horizontal



Fonte: KAGERMANN *et al.*, 2013, p 31

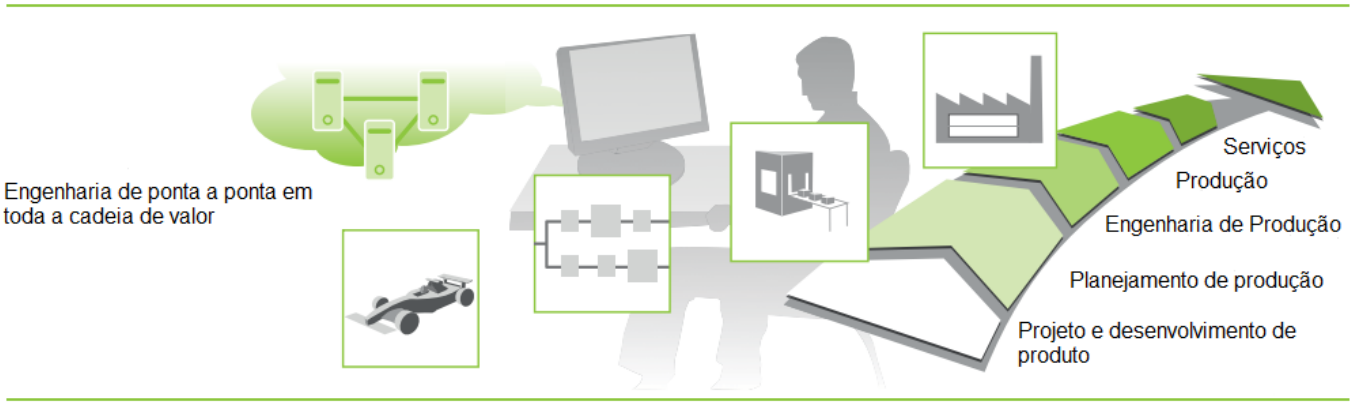
Figura 5 - Integração vertical

Fonte: KAGERMANN *et al.*, 2013,p 32

Por último, a engenharia de ponta a ponta, em todo o ciclo de vida do produto, analisa sistematicamente os dados obtidos ao longo do processo de produção e permite decisões rápidas, com o acompanhamento do produto ou serviço, com foco na qualidade e satisfação do cliente (SAUCEDO-MARTÍNEZ *et al.*, 2018).

Segundo Wang *et al.* (2016b), em um processo de criação de valor centrado no produto, uma cadeia de atividades está envolvida, como expressão dos requisitos do cliente, design e desenvolvimento de produtos, planejamento de produção, engenharia de produção, produção, serviços, manutenção e reciclagem. Por integração de engenharia de ponta a ponta, um modelo de produto contínuo e consistente pode ser reutilizado em cada estágio (WANG *et al.*, 2016b). A Figura 6 apresenta esse tipo de integração.

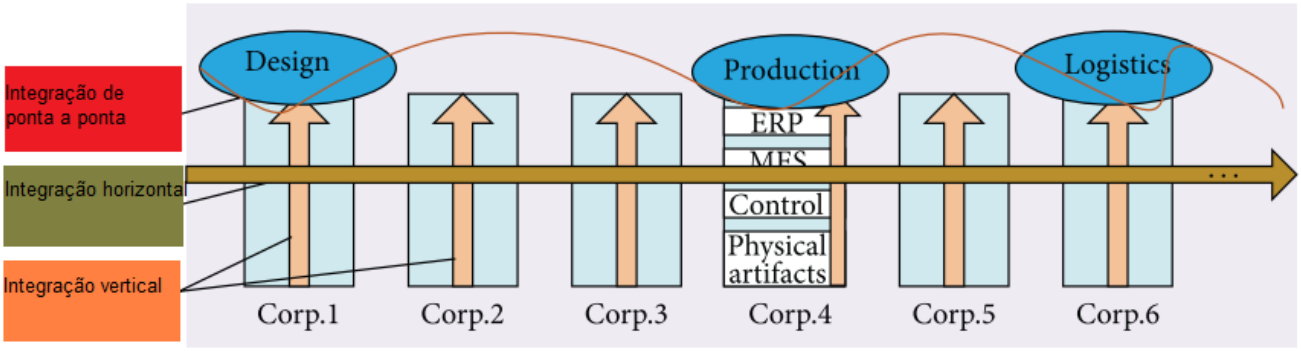
Figura 6 - Integração de engenharia de ponta a ponta



Fonte: KAGERMANN *et al.*, 2013, p 31

A Figura 7 ilustra os três tipos de integração e a forma como eles se relacionam.

Figura 7 - Ilustração dos três tipos de integração e seus relacionamentos



Fonte: WANG *et al.*, 2016, p 2

Nota-se que a integração horizontal das empresas e a integração vertical da fábrica constituem duas bases para a integração de ponta a ponta do processo de engenharia (WANG *et al.*, 2016b). Isso ocorre porque o ciclo de vida do produto compreende vários estágios que devem ser executados por diferentes empresas (WANG *et al.*, 2016b).

3.1.2 Tecnologias da indústria 4.0

A indústria 4.0 faz uso de diversas tecnologias que auxiliam na hiper automação e hiper conectividade das empresas que as implementarem (PARK, 2018). Isso possibilita a tomada de decisões complexas, além de expansão da gama de trabalhos a serem automatizados, que incluem não apenas trabalhos de baixa qualificação altamente repetitivos, mas também trabalhos de média qualificação (PARK, 2018). O Quadro 6 apresenta as principais tecnologias impulsionadoras da indústria 4.0.

Quadro 6 - Tecnologias da Indústria 4.0

TECNOLOGIAS	DEFINIÇÕES	AUTORES
Sistemas ciber-físicos (*Cyber-physical systems*)	Consiste em um sistema que integra computação com processos físicos, o que possibilita a tomada de decisões descentralizadas, monitoramento inteligente, controle inteligente e coordenação, além de criar uma cópia virtual do mundo físico, tudo dentro das fábricas inteligentes.	(LEE; SESHIA, 2015; CHEN, 2017; JERMAN *et al.*, 2018; REHSE *et al.*, 2018; BAYRAKTAR; ATAC, 2019)
Internet das Coisas (*Internet of things – IoT*)	Possui como ideia básica a presença generalizada de coisas ou objetos (etiquetas de identificação por radiofrequência (RFID), sensores, atuadores, telefones celulares) incorporados com sensores, *software*, conectividade de rede e capacidade de computador que podem coletar e trocar dados pela internet, além de habilitar soluções inteligentes para se configurar para uma produção flexível de vários tipos de produtos.	(ATZORI *et al.*, 2010; PWC WORLD ECONOMIC FORUM, 2017; JERMAN *et al.*, 2018; HERNANDEZ-DE-MENENDEZ *et al.*, 2020a)
Sistemas de computação em nuvem (*Cloud computing*)	Computação em nuvem é o nome geral dado aos serviços que fornecem compartilhamento de informações entre dispositivos de computação. A computação em nuvem permite gerenciar grandes volumes de dados em sistemas abertos e garantir a comunicação em tempo real para o sistema de produção, permitindo acessar informações de qualquer lugar do mundo a qualquer momento, aumentando a flexibilidade.	(PETRILLO *et al.*, 2018; BAYRAKTAR; ATAC, 2019; HERNANDEZ-DE-MENENDEZ *et al.*, 2020a)
Internet de serviços (*Internet of services - IoS*)	É o atrelamento de serviços à Internet das Coisas ou, ainda, a Internet das Coisas gerando serviços intrinsecamente ligados a ela. Por exemplo, um galão de água conectado à internet, com suas diversas funcionalidades, pode incluir, na venda, o serviço de suporte com pagamento mensal. O galão, nesse caso, pode até mesmo ser oferecido de graça, já que o lucro da empresa se dá no pagamento da mensalidade.	(MENA, 2018)
Impressora 3D (manufatura aditiva (*3D printer*)	A impressora 3D, também conhecida como manufatura aditiva, é uma máquina que transforma dados digitais tridimensionais do computador em objetos reais que podem ser manipulados.	(CHIARELLO *et al.*, 2018; BAYRAKTAR; ATAC, 2019)

TECNOLOGIAS	DEFINIÇÕES	AUTORES
Realidade aumentada (*Augmented Reality*)	A realidade aumentada (AR) é uma visão direta ou indireta de um ambiente físico, real, cujos elementos são aumentados (ou suplementados) por dados sensoriais gerados por computador, como som, vídeo, gráficos ou dados de GPS. Está relacionado a um conceito mais geral chamado realidade mediada por computador, no qual uma visão da realidade é modificada por um computador e visa substituir manuais em papeis antigos difíceis de entender	(CHIARELLO *et al.*, 2018; PETRILLO *et al.*, 2018)
Realidade virtual (*Virtual reality*)	A realidade virtual (RV) é a principal característica da indústria 4.0 e, normalmente, se refere a tecnologias de computador que usam fones de realidade virtual, às vezes em combinação com espaços físicos ou ambientes multiprojetados, para gerar imagens realistas, sons e outras sensações que simulam a presença física de um usuário em um ambiente virtual ou imaginário.	(CHIARELLO *et al.*, 2018; BAYRAKTAR; ATAC, 2019)
Robôs colaborativos (*Cobots*)	Os robôs colaborativos (Cobots) são projetados para trabalhar ao lado de trabalhadores humanos nas linhas de montagem de maneira colaborativa, ajudando os humanos com uma variedade de tarefas de montagem e fabricação, além de serem mais acessíveis e facilmente treináveis e programáveis do que os robôs industriais existentes.	(CALITZ *et al.*, 2003; CHEN, 2017)
Aprendizado de máquina (*Machine Learning*)	Machine Learning refere-se à capacidade do computador de entender e aprender o interior de um sistema físico através de algoritmos de computação baseados em dados.	(CHEN, 2017)
Big Data	Big Data refere-se à tendência das tecnologias de comunicação e informação, que consiste em processar uma grande quantidade de dados para tornar mais eficiente o processo de tomada de decisão e aumentar a produtividade, transformando dados coletados em formas significativas e viáveis.	(SAUCEDO-MARTÍNEZ *et al.*, 2018; BAYRAKTAR; ATAC, 2019; HERNANDEZ-DE-MENENDEZ *et al.*, 2020a)
Veículos autônomos, incluindo drones	São veículos habilitados por robôs que podem operar e navegar com pouco ou nenhum controle humano. Os drones voam ou se movem sem piloto e podem operar de forma autônoma	(PWC WORLD ECONOMIC FORUM, 2017)
Inteligência artificial	Algoritmos de *software* capazes de executar tarefas que normalmente requerem inteligência humana, como por exemplo percepção visual, reconhecimento de fala e tomada de decisão	(PWC WORLD ECONOMIC FORUM, 2017)
Blockchain	Blockchain é uma tecnologia de registro distribuído que usa algoritmos de *software* para registrar e confirmar transações com confiabilidade e anonimato	(PWC WORLD ECONOMIC FORUM, 2017)

Fonte: Próprio autor

As tecnologias citadas no Quadro 6 constituem os pilares da mudança de uma empresa tradicional para uma digital e se espalham por vários setores de negócios, dos transportes à energia, da agricultura à saúde, dos alimentos à segurança.

Para explicar essas tecnologias, considere um carro autônomo (sem motorista), cujas peças foram fabricadas em uma impressora 3D. Nesse carro, existe um sistema ciber-físico como o *Waze* (aplicativo para *smartphones* baseado na navegação por satélite) que lê o sensor GPS, calcula a velocidade de cada usuário e transmite as informações para um sistema de computação em nuvem (*cloud computing*) (APPLICATIONS, 2019)

Além disso, por meio do aprendizado de máquina (*machine learning*) o *Waze* entende a forma como o motorista dirige e os caminhos pelos quais ele passa, de modo a melhorar cada vez mais a experiência do usuário (APPLICATIONS, 2019). Isso ocorre por meio do processamento de muitos dados através do *Big Data* e com a ajuda de uma inteligência artificial propõe a melhor rota e estima com precisão a hora de chegada (APPLICATIONS, 2019).

Sendo assim, percebe-se que as tecnologias da indústria 4.0 estão mais próximas da população do que o conceito pode sugerir, mostrando que a quarta revolução industrial já é uma realidade em vários países, e que vai além das indústrias. No entanto, para que possam fazer parte do cotidiano das empresas, a literatura apresenta alguns princípios que facilitam a adoção das tecnologias ora citadas, conforme se verifica a seguir.

3.1.3 Princípios da indústria 4.0

A partir da análise da literatura foi possível identificar sete princípios fundamentais que ajudam as empresas a identificar e implementar as tecnologias da indústria 4.0, pois servem como guia para essas empresas, apoiando os profissionais no desenvolvimento de soluções adequadas para esse contexto (GREGOR, 2009; HERMANN *et al.*, 2015; HERMANN *et al.*, 2016). Dessa forma, os princípios permitem que os profissionais tenham um entendimento básico do que é indústria 4.0, além de permitirem que os pesquisadores identifiquem, descrevam e selecionem cenários da indústria 4.0 no contexto de investigações futuras (HERMANN et al., 2015; HERMANN *et al.*, 2016). O Quadro 7 apresenta esses princípios.

Quadro 7 - Princípios da Indústria 4.0

PRINCÍPIOS	DEFINIÇÕES	AUTORES
Interoperabilidade	É a perfeita conexão e comunicação entre máquinas, dispositivos, sensores e pessoas. Em outras palavras, todos os objetos que fazem parte de um CPS têm protocolos de comunicação compatíveis e que podem aceitar mensagens indo e vindo de um para o outro.	(HERMANN *et al.*, 2015; PRIFTI *et al.*, 2016; SACKEY; BESTER, 2016; LIN *et al.*, 2017)
Padronização	A padronização é um princípio que promove a interoperabilidade, permitindo a interação entre muitas fontes heterogêneas de dados e muitos dispositivos heterogêneos, minimizando a ambiguidade sobre a interpretação das informações que eles trocam.	(SUNDMAEKER *et al.*, 2010; PRIFTI *et al.*, 2016)
Virtualização	É a capacidade de monitorar qualquer processo físico dentro de um ambiente de trabalho, por meio de sistemas cyber-físicos. Esses dados do sensor estão vinculados a modelos de plantas virtuais e, assim, uma cópia do mundo físico é criada. Isso permite que qualquer gerente tenha a capacidade de ter uma visão geral de toda a planta a partir de seu dispositivo inteligente.	(HERMANN *et al.*, 2015; PRIFTI *et al.*, 2016)
Capacidade de operação em tempo real	Refere-se à capacidade de um sistema para capturar, extrair e analisar dados em tempo real. Um exemplo dessa situação seria uma falha da máquina, cujas tarefas são imediatamente	(HERMANN *et al.*, 2015; PRIFTI *et al.*, 2016)

PRINCÍPIOS	DEFINIÇÕES	AUTORES
	redirecionadas para outras máquinas e as alterações necessárias na produção são implementadas automaticamente.	
Orientação a serviços	É a capacidade de objetos se conectarem e terem acesso aos serviços fornecidos no CPS e na fábrica inteligente via IoS (*Internet of Services*). Na fábrica inteligente, todos os serviços e funcionalidades do CPS são oferecidos como um serviço da Web encapsulado e, por causa desse produto, processos específicos podem ser orientados e personalizados de acordo com os requisitos específicos do cliente.	(PRIFTI *et al.*, 2016)
Modularidade	Modularidade de um sistema é a sua capacidade de adaptar-se a diferentes entradas externas ou requisitos diferentes, substituindo ou expandindo módulos individuais. A modularidade facilita a intercambialidade de algoritmos nos sistemas e a versatilidade da comunicação.	(HERMANN *et al.*, 2015; PRIFTI *et al.*, 2016)
Descentralização	A descentralização refere-se à capacidade dos CPS's nas fábricas inteligentes de tomar decisões por conta própria. A crescente demanda por produtos individualizados ou personalizados tornou o controle centralizado cada vez mais difícil e menos viável. A razão para isso é porque o controle centralizado reduz a velocidade dos sistemas de tomada de decisão, além de reduzir a capacidade de personalizar produtos individualizados.	(HERMANN *et al.*, 2015; PRIFTI *et al.*, 2016)

Fonte: Próprio autor

Os princípios virtualização e capacidade de operação em tempo real estão intrinsicamente relacionados, pois com o uso de dispositivos inteligentes é possível que qualquer gerente tenha uma visão geral da fábrica, monitorando qualquer processo físico por meio de um *software* de simulação, e isso possibilita a análise de dados em tempo real. Através do *Big Data* os dados são transformados em informações úteis para que uma inteligência artificial, por exemplo, possa realocar as tarefas de uma máquina para outra em caso de falha. Tudo isso é feito em função da virtualização que permite o acompanhamento em tempo real.

Entretanto, para que haja esse sincronismo em uma fábrica inteligente, é necessário que as máquinas, dispositivos e sensores estejam padronizados, possuindo protocolos de comunicação compatíveis, tornando-os interoperáveis. Com isso, fontes heterogêneas de dados podem interagir, minimizando a ambivalência das informações trocadas entre os equipamentos.

Em caso de falhas, para que a troca de máquinas possa ser efetuada sem causar grandes problemas à produção, é importante que o princípio da modularidade esteja sendo empregado. Esse princípio permite uma fácil alteração nas tarefas das máquinas, por meio do acoplamento e desacoplamento de módulos na produção, ampliando ou reduzindo sua capacidade produtiva.

Como alternativa de melhorar os processos de produção, os módulos da fábrica inteligente trabalharão de forma descentralizada, o que significa que os sistemas ciber-físicos têm autonomia para tomar decisões sem intervenção humana, em tempo real, baseados em repetições de padrões e programação de modelos.

E, por fim, a orientação a serviços diz respeito à utilização de *softwares* ligados a tecnologias do *IoS*. Um exemplo de *IoS* é quando uma empresa comercializa, por exemplo, elevadores que possuem sensores monitorando informações em tempo real e pode oferecer um pacote de serviços de manutenção preditiva, adicionalmente.

3.1.4 Benefícios da indústria 4.0

A indústria 4.0 possui diversos benefícios que são descritos por diferentes autores, conforme podem ser visualizados no Quadro 8. Esses benefícios podem inspirar a criação de indicadores que podem medir aspectos relacionados à filosofia da indústria 4.0.

Quadro 8 - Benefícios da Indústria 4.0

AUTORES	BENEFÍCIOS
(BASL, 2017)	a) Melhorar os processos de produção b) Aumentar a produtividade c) Personalização de produtos d) Redução do tempo de entrega e o tempo de colocação do produto no mercado e) Redução do tempo de desenvolvimento de produtos
(SUNG, 2018)	a) Fornecer serviços ou produtos de alta qualidade ao menor custo b) Monitoramento e fornecimento de diagnóstico de falhas, o que fornece à gerência mais informações sobre o status do produto
(BOUÉE *et al.*, 2015)	a) Satisfação dos requisitos de cada cliente b) Flexibilidade c) Tomada de decisão otimizada d) Aumento da produtividade e) Aumento da eficiência de recursos f) Criação de oportunidades de valor através de novos serviços g) Equilíbrio entre vida profissional e pessoal
(SJÖDIN *et al.*, 2018)	a) Maior eficiência dos processos o que facilita a identificação de gargalos que podem ser eliminados b) Menor custo operacional por meio da utilização econômica dos recursos c) Aumento da qualidade do produto por meio do monitoramento em tempo real e otimização contínua d) Maior segurança e sustentabilidade através de eficiências operacionais
(WILKESMANN; WILKESMANN, 2017)	a) Produtividade contínua de recursos b) Ganhos de eficiência em toda a rede de valor c) Permite que o trabalho seja organizado de maneira a levar em consideração as mudanças demográficas e os fatores sociais
(STROZZI *et al.*, 2017)	a) Personalização de bens e serviços com o mesmo nível de custo-benefício que a produção em massa b) Sensores e inteligência artificial impulsionam a manutenção inteligente c) Dispositivos móveis e de realidade aumentada capacitam os trabalhadores a aumentar a eficiência e a agilidade de suas operações com o processamento de informações em tempo real d) Os sistemas de computação em nuvem permitem armazenar dados em um ambiente de compartilhamento conectado em rede
(BATZ *et al.*, 2018)	Benefícios no processo de inovação: a) Processos de inovação são acelerados b) Big Data servindo como base para criação de valor inovador

AUTORES	BENEFÍCIOS
	c) Facilita a comunicação entre parceiros internos e externos d) Promove rotinas padronizadas entre parceiros, aumentando a compreensibilidade em projetos de inovação cooperativa Benefícios na aquisição, criação e geração de conhecimento: a) Uso de banco de dados integrados disponíveis para análises em tempo real, reunindo conhecimento interno e externo da empresa, bem como fontes de dados estruturadas e não estruturadas (dados de mercado e de clientes) – Big Data b) Coleta de dados reais e virtuais da organização e do ambiente, permitindo previsões antecipadas com base em dados inteligentes c) Monitoramento de produtos e processos em tempo real, apoiando atividades de tomada de decisão e facilitando procedimentos de otimização d) Aumentar a acessibilidade a uma ampla variedade de dados internos e externos necessários para explorar o potencial do Big Data Benefícios para transformação do conhecimento e organização do trabalho: a) Formas colaborativas de organização do trabalho b) Ambientes virtuais para teste c) Novas formas de organização do trabalho (trabalho móvel e flexível) d) Simulação e prototipagem sob demanda

Fonte: Próprio autor

Dentre os benefícios abordados no Quadro 8, constata-se que existem algumas similaridades que são abordadas por diferentes autores, conforme a análise apresentada no Quadro 9.

Quadro 9 - Similaridades de benefícios da indústria 4.0

BENEFÍCIOS	CONVERGÊNCIAS
Melhoramento de processos	(1), (4), (7)
Aumento da produtividade	(1), (3), (5)
Personalização de produtos	(1), (3), (6)
Baixo custo operacional	(2), (4)
Monitoramento de produtos e processos em tempo real	(2), (4), (7)
Aumento da eficiência em toda rede de valor com o processamento de informações em tempo real	(3), (5), (6)
Armazenamento de dados em um ambiente de compartilhamento conectado em rede	(6), (7)

Autores: (1) (BASL, 2017); (2) (SUNG, 2018); (3) (BOUÉE *et al.*, 2015); (4) (SJÖDIN *et al.*, 2018); (5) (WILKESMANN; WILKESMANN, 2017); (6) (STROZZI *et al.*, 2017); (7) (BATZ *et al.*, 2018)

Fonte: Próprio autor

Todos esses benefícios da indústria 4.0 se convertem em vantagem competitiva para as empresas que aderirem às tecnologias dessa nova revolução industrial.

O monitoramento de produtos e processos em tempo real é um benefício imprescindível para fábricas inteligentes, pois permite identificar e corrigir gargalos durante os processos de fabricação dos produtos, fazendo previsões antecipadas com base em dados inteligentes. Isso permite o aumento da produtividade e da eficiência em toda rede de valor, graças à tecnologia de internet das coisas que possibilita a presença generalizada de objetos incorporados com sensores coletando e trocando dados pela internet.

Além disso, as informações a respeito dos produtos são armazenadas em um ambiente de compartilhamento conectado em rede, permitindo o acesso por meio de qualquer dispositivo

móvel em qualquer lugar da fábrica através de sistemas de computação em nuvem. Essas informações a respeito dos processos de fabricação dos produtos possibilitam a utilização eficiente e econômica de recursos, gerando um menor custo operacional e melhoramento dos processos.

Caso ocorra uma falha no processo de fabricação dos produtos, através da tecnologia de *machine learning* as máquinas podem aprender com o erro e se comunicarem entre si para que isso não aconteça mais. Tudo isso gera muitos dados que são processados por meio do *Big Data* gerando informação útil que permite que a inteligência artificial encontre maneiras mais eficientes de fabricação dos produtos.

3.1.5 Desafios enfrentados em um cenário de indústria 4.0

A indústria 4.0 também possui diversos desafios que são descritos por diferentes autores, conforme Quadro 10.

Quadro 10 - Desafios da Indústria 4.0

AUTORES	DESAFIOS
(BASL, 2017)	a) Altos custos associados à aplicação das soluções da Indústria 4.0 b) Falta de informações disponíveis sobre a indústria 4.0 para os funcionários
(ANTOSZ, 2018)	a) Interoperabilidade b) Problemas de segurança de TI (tecnologia da informação) c) Gerenciamento de dados a longo prazo
(RICHERT *et al.*, 2016)	a) Preparar estudantes e a força de trabalho para lidar com rápidos avanços das tecnologias b) Necessidade de lidar com novos paradigmas de controle descentralizados c) Necessidade de lidar com papéis aprimorados de inteligência artificial d) Necessidade de lidar com incertezas e mudanças
(SUNG, 2018)	a) Problemas de segurança de TI b) Lidar com a confiabilidade e estabilidade necessárias para a comunicação crítica entre máquinas c) Necessidade de proteger o know-how industrial d) Falta de habilidades adequadas para acelerar o processo de transição rumo à quarta revolução industrial e) Perda de postos de trabalho para processos automatizados e controlados por TI f) Relutância geral à mudança pelos stakeholders (partes interessadas), que incluem principalmente os empregados
(SLUSARCZYK, 2018)	a) Falta de cultura e treinamento voltado para a transformação digital b) Falta de uma visão clara sobre indústria 4.0 c) Benefícios econômicos pouco claros diante dos requisitos de investimentos financeiros elevados em tecnologias digitais d) Falta de trabalhadores qualificados
(PARK, 2018)	a) Grandes quantidades de investimento em infraestruturas digitais b) Propriedade e segurança dos dados c) Questões legais, pelo fato da manufatura avançada levantar questões sobre supervisão de funcionários, responsabilidade do produto e direitos de propriedade intelectual d) Padronização, como forma de garantir a troca de dados entre máquinas e sistemas em uma cadeia de valor em rede e) Desenvolvimento de habilidades dos empregados

AUTORES	DESAFIOS
(REHSE *et al.*, 2018)	a) Adaptar-se às mudanças nos processos atuais de fabricação, passando de um estado rígido e altamente padronizado para um estado descentralizado e altamente flexível
(SJÖDIN *et al.*, 2018)	a) Falta de entendimento e visão comuns entre os funcionários a respeito da indústria 4.0 b) Complexidade tecnológica criando incerteza no caso de negócios c) Dificuldades na adaptação de rotinas tradicionais e processos de trabalho à transformação digital d) Desafio em se manter sempre atualizado frente ao rápido desenvolvimento tecnológico e) Dificuldades no planejamento a longo prazo devido à alta rotatividade f) Falta de entendimento dos benefícios potenciais da fábrica inteligente g) Excesso de dados dificultando a tomada de decisões críticas

Fonte: Próprio autor

Dentre os desafios abordados no Quadro 10, constata-se que existem algumas similaridades que são abordadas por diferentes autores, conforme a análise apresentada no Quadro 11.

Quadro 11 - Similaridades de desafios da indústria 4.0

DESAFIOS	CONVERGÊNCIAS
Altos custos para aplicar as soluções da indústria 4.0	(1), (2)
Problemas de segurança de TI	(3), (4), (5)
Preparar a força de trabalho para lidar com a transformação digital	(6), (7), (8)
Necessidade de lidar com incertezas e mudanças	(6), (4), (8)
Necessidade de desenvolver habilidades nos empregados para a quarta revolução industrial	(4), (7), (5)
Falta de uma visão clara entre os funcionários sobre a indústria 4.0	(7), (8)

Autores: (1) (BASL, 2017); (2) (SLUSARCZYK, 2018); (3) (ANTOSZ, 2018); (4) (SUNG, 2018); (5) (PARK, 2018); (6) (RICHERT *et al.et al.*, 2016); (7) (SLUSARCZYK, 2018); (8) (SJÖDIN *et al.et al.*, 2018);

Fonte: Próprio autor

Um dos desafios que são relatados por alguns autores é a necessidade de lidar com mudanças e incertezas, sejam elas nos processos atuais de fabricação, nos papéis aprimorados da inteligência artificial ou associados a novos paradigmas de controle descentralizados. Isso exige o desenvolvimento de certas habilidades, que são necessárias para que os trabalhadores se qualifiquem para a indústria 4.0. Sendo assim, isso evita a perda de postos de trabalho para processos automatizados e controlados por TI.

Além disso, uma das dificuldades para que as empresas implementem as tecnologias da indústria 4.0 refere-se aos altos custos em infraestruturas digitais, tendo em vista que os benefícios econômicos são pouco claros, além das dificuldades na adaptação de rotinas tradicionais e processos de trabalho à transformação digital. Isso se agrava ainda mais pela falta de cultura e treinamento dentro das empresas voltado para as mudanças tecnológicas, o que implica em uma carência de estratégia para a indústria 4.0.

A utilização das tecnologias da indústria 4.0 exige o desenvolvimento de competências técnicas, como conhecimento em segurança de TI (Tecnologia da Informação) e de estatística para lidar com uma grande quantidade de dados, além da capacidade de programar para lidar

com tecnologias, como a inteligência artificial. Além disso, para que os princípios da indústria 4.0 estejam presentes em uma empresa, é necessário que os funcionários desenvolvam competências específicas para isso. Por exemplo, para que o princípio da virtualização esteja presente na empresa, é preciso pessoas habilitadas para manipular sistemas de computação em nuvem e sistemas ciber-físicos. Isso é um dos grandes desafios que as empresas enfrentam em um cenário de indústria 4.0.

3.2 COMPETÊNCIAS

3.2.1 Tipos de competências e definições

No modelo Taylorista, a formação profissional era baseada na preparação técnica, buscando a automatização, delimitando e definindo os postos de trabalho (BEKER, 2012). Até o início da década de 1990, os trabalhadores não tinham qualificação ou eram mal qualificados, e os operários desempenhavam tarefas simples e bem delimitadas, sendo necessário apenas a uma minoria dos trabalhadores contar com competências profissionais complexas (BEKER, 2012).

Existem diversos autores que definem competência de diferentes maneiras, conforme apresentado no Quadro 12. Com a análise das definições, pode-se propor que o termo competência pode ser resumido como sendo motivação, atitude, habilidades e conhecimentos de uma pessoa, necessários para a entrega dos resultados desejados com desempenho eficaz para alcançar um objetivo.

Para Carletto e Francisco (2014), as competências podem ser classificadas em profissionais ou humanas e organizacionais, ressaltando-se que o conjunto de competências profissionais, aliado a processos e recursos, dá origem e sustentação à competência organizacional.

Quadro 12 - Definições de competências

DEFINIÇÕES	AUTORES
Competência é uma combinação de três elementos: conhecimento, habilidades e atitude.	(ANTOSZ, 2018, p. 2)
O termo "competência" refere-se a uma característica subjacente de uma pessoa que resulta em desempenho eficaz ou superior.	(ARMSTRONG; TAYLOR, 2014, p. 120)
Competência é um conjunto de comportamentos que são fundamentais para a entrega dos resultados desejados.	(ROBERTSON *et al.*, 2002, p. 7)

DEFINIÇÕES	AUTORES
Competência inclui motivação, atitude, habilidades e conhecimentos necessários aos funcionários para lidar com tarefas e desafios relacionados ao trabalho, a fim de alcançar o sucesso nos negócios.	(HECKLAU *et al.*, 2017, p 10)
Competência é interpretada como a capacidade real de usar algumas habilidades para aprender alguma coisa, fazer alguma coisa ou alcançar um objetivo.	(RYCHEN *et al.*, 2002, p 138)
A noção de competências abrange componentes cognitivos, mas também motivacionais, éticos, sociais e comportamentais. Além disso, combina características estáveis, resultados de aprendizado (por exemplo, conhecimentos e habilidades), sistemas de valores de crenças, hábitos e outras características psicológicas.	(RYCHEN; SALGANIK, 2000, p. 8)
Competências profissionais são aquelas necessárias para o desempenho de um cargo ou função	(BEKER, 2012, p 2)
A competência profissional é a capacidade individual do cidadão trabalhador para articular, mobilizar e colocar em ação valores, habilidades, atitudes e conhecimentos necessários para o desempenho eficiente e eficaz de atividades requeridas pela natureza do trabalho e pelo desenvolvimento tecnológico.	(ZARIFIAN, 2001, p. 5)

Fonte: Próprio autor

3.2.2 Competências profissionais no contexto da indústria 4.0

Sob a perspectiva da Quarta Revolução Industrial, a crescente digitalização da produção e processos na economia global provocaram mudanças de grande alcance, não apenas nas empresas, mas também nas sociedades, revolucionando o trabalho diário dos funcionários em todos os níveis hierárquicos (PARK, 2018). O conceito da quarta revolução industrial é baseado em informação e robotização, o que significa a automação total dos processos de produção, bem como o acesso universal a dados e máquinas, exigindo a necessidade de mudanças na gama de máquinas, tecnologias aplicadas e nas competências dos funcionários (LISZKA *et al.*, 2019). Essas mudanças afetam as competências, conhecimento e criatividade nas empresas e sociedades (PARK, 2018)

Além disso, o uso de tecnologias nas organizações de produção altera a organização do trabalho e tem um impacto significativo nas qualificações dos funcionários, de modo que novos perfis profissionais são exigidos, além da necessidade de desenvolvimento de novas habilidades (ECHEVERRÍA; MARTÍNEZ, 2018; JERMAN *et al.*, 2018; PARK, 2018; RAMPASSO *et al.*, 2020). Desse modo, para atingir objetivos organizacionais, as empresas precisam desenvolver habilidades, capacidades, atitudes e comportamentos entre seus funcionários (SHAMIM *et al.*, 2017).

Por essa razão, o mundo do trabalho busca indivíduos criativos, adaptáveis, emocionalmente inteligentes e politicamente conscientes, capazes de olhar para fora de suas organizações e entender o mundo, fazendo julgamentos sólidos e resolvendo problemas, o que

constitui habilidades mais suaves (*soft*), mas que são mais difíceis de desenvolver (BARBER, 2018; RAMPASSO *et al.*, 2020).

Além disso, as habilidades e qualificações do novo tipo de funcionário da Indústria 4.0 desempenham um papel importante nos critérios de seleção de pessoal (KAZANCOGLU; OZKAN-OZEN, 2018). Devido a uma grande variedade de tarefas no setor 4.0, existem muitas habilidades novas e emergentes que podem não ser desenvolvidas na educação regular, enquanto que algumas se tornaram obsoletas, por não serem suficientes para gerenciar com êxito as mudanças organizacionais internas e externas em andamento, sendo, portanto, importante focar nas habilidades adequadas para novas funções dos funcionários da indústria 4.0 (JERMAN; PEJIĆ BACH; BERTONCELJ, 2018; KAZANCOGLU; OZKAN-OZEN, 2018; FLORES; XU; LU, 2020; HERNANDEZ-DE-MENENDEZ; ESCOBAR DÍAZ; MORALES-MENENDEZ, 2020; RAMPASSO *et al.*, 2020a). Por essa razão, o recrutamento passa a ser um desafio para as empesas devido a mudanças significativas nos ambientes de trabalho, sendo necessárias novas abordagens na hora da contratação para escolha do funcionário certo (KAZANCOGLU; OZKAN-OZEN, 2018).

Segundo Liszka *et al.* (2019), Prifti *et al.* (2017), Janis e Alias (2018), Richert *et al.* (2016), Hernandez-de-menendez *et al.* (2020a) e Rampasso *et al.* (2020), as habilidades e competências mais relevantes para a quarta revolução industrial são as psicossociais (*soft skills*), comportamentais e sociais, nas quais todas estão relacionadas ao comportamento. Essas competências e habilidades estão sendo requeridas por muitas indústrias e podem ser definidas, por exemplo, como a capacidade de trabalhar em equipe, ter boa habilidade de comunicação, capacidade de trabalhar em áreas interdisciplinares, persuasão e orientação a serviços (JANIS; ALIAS, 2018; VERDE LEAL, 2018; FLORES *et al.*, 2020; HERNANDEZ-DE-MENENDEZ *et al.*, 2020a; RAMPASSO *et al.*, 2020) Dessa forma, para ter sucesso na quarta revolução industrial, as empresas do setor produtivo precisam preparar seus funcionários para essas competências, que estão se tornando mais importantes que as qualificações profissionais (PRINZ *et al.*, 2016; ECHEVERRÍA; MARTÍNEZ, 2018; LISZKA *et al.*, 2019; FLORES *et al.*, 2020).

A indústria 4.0 traz uma mudança profunda no relacionamento homem-máquina de tal forma que a máquina substituirá gradualmente o homem, de modo que o trabalho mecânico simples será substituído pelo trabalho de precisão e intelectual com maior valor agregado (HIDAYAT; NAQVI, 2012; RAMPASSO *et al.*, 2020). Se por um lado, a digitalização e a robotização eliminam postos de trabalho, por outro eles criam novos locais de trabalho que exigirão habilidades e competências diferentes, mencionadas no parágrafo anterior (CSATH,

2018; RAMPASSO *et al.*, 2020). Por essa razão, o desenvolvimento dessas habilidades e competências deve ser incentivado, pois concentram oportunidades de emprego para os seres humanos e não para as máquinas, tendo em visto a dificuldade de automatização (KERGROACH, 2017; RAMPASSO *et al.*, 2020).

Além disso, com a indústria 4.0 as organizações enfrentarão muitos desafios econômicos, sociais e tecnológicos, o que vai requerer capacidades dinâmicas e força de trabalho inovadora (SHAMIM *et al.*, 2016). Sendo assim, para que o conceito da indústria 4.0 seja implementado, as organizações precisam investir no desenvolvimento das pessoas, estimulando práticas de recursos humanos adequadas para a promoção do aprendizado e inovação nas organizações (SHAMIM *et al.*, 2017; JAGANNATHAN; RA; MACLEAN, 2019). Esse desenvolvimento de pessoas acontece por meio do desenvolvimento das competências necessárias para atuar em uma empresa inserida no contexto de indústria 4.0.

Na literatura, Jerman *et al.* (2018) classificam as competências profissionais em quatro categorias: técnicas, metodológicas, sociais e pessoais, sendo a capacidade de resolver desafios complexos, a resolução criativa de problemas, a visão geral e o compromisso com a aprendizagem ao longo da vida as principais competências. Grzybowska e Lupicka (2017) fala que o desenvolvimento de novas tecnologias desencadeia melhorias na qualidade de vida das pessoas e no bem-estar de sociedades inteiras, além de ser a principal força motriz por trás da economia global contemporânea. Além disso, o setor 4.0 requer novas soluções implementadas na economia, monitoramento dos efeitos práticos de tais implementações e identificação do potencial para novas implementações, e tudo isso requer o aprimoramento das competências dos funcionários (GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017).

Enquanto isso, o trabalho de Freddi (2018) aborda os efeitos da automação no emprego, mostrando que novos tipos de competências serão demandadas no futuro. Não há consenso entre os estudiosos sobre a futura capacidade efetiva dos robôs em substituir totalmente o trabalho humano, pois existem algumas competências como flexibilidade, julgamento e bom senso que pertencem, até agora, exclusivamente às competências humanas (FREDDI, 2018). Por fim, em relação às mudanças qualitativas do mercado de trabalho, a pesquisa empírica de Freddi (2018) confirma que existem novos tipos de competências que serão exigidas no futuro da manufatura.

Dessa forma, tomando como base esse contexto, no Quadro 13 é apresentada uma lista de categorias profissionais das competências requeridas pela indústria 4.0 e suas definições, segundo a opinião de diferentes autores.

Quadro 13 - Resumo da categorização das competências e suas definições consideradas neste trabalho

CATEGORIAS	DEFINIÇÕES	AUTORES
PESSOAIS (*personal*)/COGNITIVAS (*cognitive*)	As competências pessoais compreendem motivações, atitudes e valores sociais de um indivíduo, além de referir-se à capacidade de uma pessoa de aprender, agir de maneira autônoma e desenvolver para si um sistema de valores éticos.	(GEHRKE; RULE, 2015; EROL *et al.*, 2016; HECKLAU *et al.*, 2016, 2017; ERPENBECK *et al.*, 2017; JANIS; ALIAS, 2018; JERMAN *et al.*, 2018; MÜLLER *et al.*, 2018; VERDE LEAL, 2018; ASSANTE *et al.*, 2019)
SOCIAIS (*social*)/GERENCIAIS (*managerial*)/PROFISSIONAIS (*professional*)	As competências sociais referem-se a atitudes e habilidades de um indivíduo de se comunicar, cooperar e estabelecer conexões e estruturas sociais com outros indivíduos e grupos, além de desenvolver percepções de seu próprio comportamento perante o grupo.	(EROL *et al.*, 2016; HECKLAU *et al.*, 2016, 2017; CARUSO, 2017; ERPENBECK *et al.*, 2017; GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017; VERDE LEAL, 2018; JANIS; ALIAS, 2018; JERMAN *et al.*, 2018; MÜLLER *et al.*, 2018; ASSANTE *et al.*, 2019)
RELACIONADAS A AÇÃO (*action-related*)	A competência relacionada à ação de uma pessoa é a capacidade de levar as ideias individuais ou socialmente construídas para a ação. É a capacidade de um indivíduo integrar conceitos à sua própria agenda, transferir com sucesso os planos para a realidade, não apenas no nível indivíduo, mas também no nível organizacional.	(EROL *et al.*, 2016; ERPENBECK *et al.*, 2017; JERMAN *et al.*, 2018; MÜLLER *et al.*, 2018)
RELACIONADAS AO DOMÍNIO (*domain-related*)	Competências relacionadas ao domínio referem-se à capacidade de acessar e usar o conhecimento do domínio para um trabalho ou tarefa específica. O conhecimento do domínio inclui metodologias, linguagens, ferramentas que são especialmente importantes para um problema ou domínio de negócios e vão além do trivial.	(EROL *et al.*, 2016; ERPENBECK *et al.*, 2017; HECKLAU *et al.*, 2017; JERMAN *et al.*, 2018; MÜLLER *et al.*, 2018)
METODOLÓGICAS (*methodological*)	As competências metodológicas incluem conhecimentos e habilidades relacionadas à solução bem-sucedida de problemas e tomada de decisão.	(HECKLAU *et al.*, 2016, 2017; JANIS; ALIAS, 2018; JERMAN *et al.*, 2018)
TÉCNICAS (*technical*)	As competências técnicas incluem conhecimentos e habilidades os quais o indivíduo adquire através da prática e do aprendizado e estão relacionados ao trabalho.	(GEHRKE; RULE, 2015; HECKLAU *et al.*, 2016; GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017; JERMAN *et al.*, 2018; ASSANTE *et al.*, 2019)

Fonte: Próprio autor

Uma categoria muito importante é a pessoal, tendo em vista que a flexibilidade é uma competência que faz parte dessa categoria e que será bastante requisitada em um cenário de indústria 4.0. Isso se deve à necessidade de lidar com desafios que envolvem mudanças, como por exemplo a preparação da força de trabalho para lidar com rápidos avanços das tecnologias, necessidade de lidar com novos paradigmas de controle descentralizados e adaptação a

mudanças nos processos atuais de fabricação, passando de um estado rígido e altamente padronizado para um estado descentralizado e altamente flexível.

Uma outra categoria relevante é a social, que será útil para enfrentar desafios como falta de cultura e treinamento voltado para a transformação digital, além da falta de uma visão clara e de apoio por parte dos gerentes para as mudanças que o cenário de indústria 4.0 traz consigo.

Considerando os desafios da indústria 4.0 com as categorias das competências requeridas nesse cenário, observa-se que a categoria técnica é bastante requisitada frente a desafios como problemas de segurança de TI (tecnologia da informação), gerenciamento de dados a longo prazo, interoperabilidade e necessidade de lidar com inteligência artificial.

Além das categorias é importante destacar as competências requeridas pela indústria 4.0, citadas por diferentes autores da literatura, conforme apresentado no Quadro 14.

Quadro 14 - Lista de competências

CATEGORIAS	COMPETÊNCIAS
Pessoais (*personal*)	1) Atitude orientada para solução (EROL *et al.*, 2016); 2) Criatividade (EROL *et al.*, 2016; WORLD ECONOMIC FORUM, 2016; HECKLAU *et al.*, 2017; PRIFTI *et al.*, 2017; AGOLLA, 2018; BARBER, 2018; CSATH, 2018) 3) Aprendizagem ao longo da vida (PRIFTI *et al.*, 2017; JERMAN *et al.*, 2018) 4) Flexibilidade = Adaptabilidade (GEHRKE; RULE, 2015; HECKLAU *et al.*, 2016, 2017; WORLD ECONOMIC FORUM, 2016; AGOLLA, 2018; BARBER, 2018; JANIS; ALIAS, 2018; JERMAN *et al.*, 2018) 5) Motivação para aprender (HECKLAU *et al.*, 2016, 2017; JANIS; ALIAS, 2018; JERMAN *et al.*, 2018; MÜLLER *et al.*, 2018) 6) Habilidade para trabalhar em situações de stress (HECKLAU *et al.*, 2016; JERMAN *et al.*, 2018) 7) Responsabilidade social (JERMAN *et al.*, 2018) 8) Saber separar informações menos importantes de informações mais importantes (JERMAN *et al.*, 2018) 9) Capacidade de liderar (JERMAN *et al.*, 2018) 10) Conhecimento de redes digitais (HECKLAU *et al.*, 2017) 11) Competências cognitivas (JANIS; ALIAS, 2018) 12) Proatividade (JANIS; ALIAS, 2018) 13) Tolerância a ambiguidade (HECKLAU *et al.*, 2016) 14) Mentalidade sustentável (HECKLAU *et al.*, 2016) 15) Conformidade (compliance) (HECKLAU *et al.*, 2016) 16) Autoconsciência (JANIS; ALIAS, 2018) 17) Autorregulação (JANIS; ALIAS, 2018) 18) Auto-organização (JANIS; ALIAS, 2018) 19) Auto-disciplina (JANIS; ALIAS, 2018) 20) Atitude positiva no trabalho (JANIS; ALIAS, 2018) 21) Trabalho em equipe (GEHRKE; RULE, 2015) 22) Habilidades de comunicação (GEHRKE; RULE, 2015) 23) Autogestão (GEHRKE; RULE, 2015; PRIFTI *et al.*, 2017) 24) Habilidades sociais (GEHRKE; RULE, 2015)
Sociais (*social*)	1) Criatividade (VERDE LEAL, 2018); 2) Trabalho em equipe (EROL *et al.*, 2016; HECKLAU *et al.*, 2016; GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017; PRIFTI *et al.*, 2017; JANIS; ALIAS, 2018; JERMAN *et al.*, 2018) 3) Capacidade de encontrar consenso (EROL *et al.*, 2016) 4) Competência de integração (RICHERT *et al.*, 2016; BARBER, 2018; JERMAN *et al.*, 2018) 5) Capacidade de liderar (HECKLAU *et al.*, 2016, 2017; GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017; PRIFTI *et al.*, 2017; BARBER, 2018; GRZELCZAK *et al.*, 2018)

CATEGORIAS	COMPETÊNCIAS
	6) Comunicação efetiva (HECKLAU *et al.*, 2016, 2017; PRIFTI *et al.*, 2017; BARBER, 2018; GRZELCZAK *et al.*, 2018; JANIS; ALIAS, 2018; JERMAN *et al.*, 2018) 7) Competência de fazer networking (HECKLAU *et al.*, 2016; JERMAN *et al.*, 2018) 8) Habilidade de transferir conhecimento para os outros (HECKLAU *et al.*, 2016; GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017; JERMAN *et al.*, 2018) 9) Solução criativa de problemas (MÜLLER *et al.*, 2018) 10) Competência interdisciplinar (JANIS; ALIAS, 2018) 11) Orientação a serviços (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016; PRIFTI *et al.*, 2017) 12) Inteligência emocional (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016; BARBER, 2018) 13) Negociação (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016; CARUSO, 2017) 14) Gestão de pessoas (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016); 15) Empatia (CARUSO, 2017) 16) Competências interculturais (HECKLAU *et al.*, 2016) 17) Competências de linguagem (HECKLAU *et al.*, 2016) 18) Coordenando com os outros (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016; ASSANTE *et al.*, 2019) 19) Persuasão (ASSANTE *et al.*, 2019) 20) Orientação a serviços (ASSANTE *et al.*, 2019) 21) Aprendizado ativo (VERDE LEAL, 2018) 22) Habilidades cognitivas (VERDE LEAL, 2018) 23) Visualização (VERDE LEAL, 2018) 24) Inteligência emocional (ASSANTE *et al.*, 2019) 25) Negociação (ASSANTE *et al.*, 2019) 26) Gestão de pessoas (ASSANTE *et al.*, 2019)
Relacionadas à ação (*action-related*)	1) Análise e estruturação de problemas (EROL *et al.*, 2016) 2) Análise de dados e interpretação (EROL *et al.*, 2016; RICHERT *et al.*, 2016; PRIFTI *et al.*, 2017) 3) Método, seleção e uso de ferramentas (EROL *et al.*, 2016) 4) Capacidade de resolver problemas (MÜLLER; KIEL; VOIGT, 2018)
Relacionadas ao domínio (*domain-related*)	1) Análise de dados e interpretação (MÜLLER *et al.*, 2018) 2) Aplicação do pensamento Lean e métodos na fabricação (EROL *et al.*, 2016) 3) Métodos de modelagem conceitual de aplicativos (modelagem de processos) (EROL *et al.*, 2016) 4) Aplicação da Tecnologia da Informação e Comunicação para rastreamento de materiais e de trabalhadores (EROL *et al.*, 2016) 5) Competência interdisciplinar (RICHERT *et al.*, 2016; HECKLAU *et al.*, 2017; PRIFTI *et al.*, 2017; GRZELCZAK *et al.*, 2018)

CATEGORIAS	COMPETÊNCIAS
Metodológica (*methodological*)	1) Criatividade (HECKLAU *et al.*, 2016; JANIS; ALIAS, 2018; JERMAN *et al.*, 2018) 2) Capacidade de resolver problemas (HECKLAU *et al.*, 2016, 2017; WORLD ECONOMIC FORUM, 2016; PRIFTI *et al.*, 2017; AGOLLA, 2018; CSATH, 2018; GRZELCZAK *et al.*, 2018; JANIS; ALIAS, 2018; JERMAN *et al.*, 2018) 3) Solução criativa de problemas (JERMAN *et al.*, 2018) 4) Resolução de conflitos (HECKLAU *et al.*, 2016; JERMAN *et al.*, 2018) 5) Atuação como mediador em processos de tomada de decisão (JERMAN *et al.*, 2018) 6) Competências analíticas (HECKLAU *et al.*, 2016, 2017; RICHERT *et al.*, 2016; BARBER, 2018; JANIS; ALIAS, 2018; JERMAN *et al.*, 2018) 7) Competências de pesquisa (HECKLAU *et al.*, 2016; JERMAN *et al.*, 2018) 8) Capacidade de tomar decisões (HECKLAU *et al.*, 2016, 2017; WORLD ECONOMIC FORUM, 2016; PRIFTI *et al.*, 2017; BARBER, 2018; GRZELCZAK *et al.*, 2018; JANIS; ALIAS, 2018) 9) Competência de planejamento (JANIS; ALIAS, 2018)
Técnicas (*technical*)	1) Entender de segurança em TI (Tecnologia da Informação) (HECKLAU *et al.*, 2016; JERMAN *et al.*, 2018) 2) Capacidade de programar (HECKLAU *et al.*, 2016, 2017; GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017; JERMAN *et al.*, 2018) 3) Conhecimento sobre processos (HECKLAU *et al.*, 2016, 2017; GRZELCZAK *et al.*, 2018; JERMAN *et al.*, 2018) 4) Capacidades técnicas (HECKLAU *et al.*, 2016; JERMAN *et al.*, 2018) 5) Entender sobre analogias de operação de novas tecnologias (JERMAN *et al.*, 2018) 6) Capacidade de resolver problemas complexos (JERMAN *et al.*, 2018) 7) Competência em TI (Tecnologia da Informação) (GEHRKE; RULE, 2015) 8) Competência de mídia (HECKLAU *et al.*, 2016; GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017) 9) Conhecimento de estatística (GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017) 10) Gestão do conhecimento (GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017) 11) Processamento e análise de dados e informações (GEHRKE; RULE, 2015) 12) Capacidade de programar (GEHRKE; RULE, 2015; ASSANTE *et al.*, 2019) 13) Capacidades técnicas (VAN LAAR *et al.*, 2017) 14) Capacidade de resolver problemas (ASSANTE *et al.*, 2019) 15) Controle de qualidade (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016; ASSANTE *et al.*, 2019) 16) Conhecimento de estatística (GEHRKE; RULE, 2015) 17) Gestão do conhecimento (GEHRKE; RULE, 2015) 18) Capacidade de interagir com interfaces modernas (homem-máquina/homem-robô) (GEHRKE; RULE, 2015) 19) Manutenção e reparo de equipamentos (ASSANTE *et al.*, 2019) 20) Operação e controle de equipamentos (ASSANTE *et al.*, 2019) 21) Entendimento organizacional e processual (GEHRKE; RULE, 2015)

CATEGORIAS	COMPETÊNCIAS
Profissionais (*professional*)	1) Capacidade de liderar (JANIS; ALIAS, 2018) 2) Persuasão (JANIS; ALIAS, 2018) 3) Gestão de pessoas (JANIS; ALIAS, 2018) 4) Competência de gerenciamento de projetos (JANIS; ALIAS, 2018) 5) Orientação ao cliente e gerenciamento de relacionamentos (JANIS; ALIAS, 2018) 6) Competências de apresentação (JANIS; ALIAS, 2018) 7) Estratégia de negócios (JANIS; ALIAS, 2018)
Essenciais(*core*)	1) Competência colaborativa (RICHERT *et al.*, 2016) 2) Competência em TI (Tecnologia da Informação) (RICHERT *et al.*, 2016; PRIFTI *et al.*, 2017; MÜLLER *et al.*, 2018) 3) Criatividade (VAN LAAR *et al.*, 2017); 4) Comunicação efetiva (VAN LAAR *et al.*, 2017) 5) Capacidade de resolver problemas complexos (VAN LAAR *et al.*, 2017) 6) Pensamento crítico (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016; VAN LAAR *et al.*, 2017; BARBER, 2018) 7) Colaboração (HECKLAU *et al.*, 2016; CARUSO, 2017; VAN LAAR *et al.*, 2017; GRZELCZAK *et al.*, 2018) 8) Habilidades em TI (Tecnologia da Informação) (VAN LAAR *et al.*, 2017)
Cognitivas(*cognitive*)	1) Criatividade (ASSANTE *et al.*, 2019) 2) Flexibilidade (ASSANTE *et al.*, 2019) 3) Visualização (ASSANTE *et al.*, 2019) 4) Raciocínio lógico (ASSANTE *et al.*, 2019) 5) Raciocínio matemático (ASSANTE *et al.*, 2019)
Gerenciais (*managerial*)	1) Capacidade de resolver problemas (GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017) 2) Resolução de conflitos (GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017) 3) Competências analíticas (GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017) 4) Competências de pesquisa (GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017)
Contextuais (*contextual*)	1) Aprendizagem ao longo da vida (VAN LAAR *et al.*, 2017); 2) Flexibilidade (VAN LAAR *et al.*, 2017); 3) Consciência ética (VAN LAAR *et al.*, 2017) 4) Consciência cultural (VAN LAAR *et al.*, 2017) 5) Autodireção (VAN LAAR *et al.*, 2017)
Competências de resolução de problemas complexos (*complex problem solving skills*)	1)Resolução de problemas complexos (ASSANTE *et al.*, 2019)

CATEGORIAS	COMPETÊNCIAS
Competências de sistema (*system skills*)	1) Capacidade de tomar decisões (ASSANTE *et al.*, 2019) 2) Análise de sistemas (ASSANTE *et al.*, 2019)
Competências de conteúdo (*content skills*)	1) Coordenando com os outros (VERDE LEAL, 2018) 2) Persuasão (VERDE LEAL, 2018) 3) Orientação a serviços (VERDE LEAL, 2018) 4) Aprendizado ativo (ASSANTE *et al.*, 2019) 5) Habilidades em TI (Tecnologia da Informação) (ASSANTE *et al.*, 2019) 6) Expressão oral (ASSANTE *et al.*, 2019) 7) Compreensão escrita (ASSANTE *et al.*, 2019) 8) Expressão escrita (ASSANTE *et al.*, 2019)
Competências de processo (*process skills*)	1) Escuta ativa (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016; VERDE LEAL, 2018; ASSANTE *et al.*, 2019) 2) Pensamento crítico (ASSANTE *et al.*, 2019) 3) Monitorando a si e aos outros (ASSANTE *et al.*, 2019)
Competências de gerenciamento de recursos (*resource management skills*)	1) Gestão de recursos financeiros (ASSANTE *et al.*, 2019) 2) Gestão de recursos materiais (ASSANTE *et al.*, 2019) 3) Gestão de time (ASSANTE *et al.*, 2019)
Competências físicas (*physical skills*)	1) Força física(ASSANTE *et al.*, 2019) 2) Destreza manual e precisão (ASSANTE *et al.*, 2019)

Fonte: Próprio autor

Durante o processo de elaboração do Quadro 14, observou-se que alguns autores não categorizavam determinadas competências. Sendo assim, para categorizá-las se utilizou como referência outros autores que já haviam citado essas competências. Além disso, observa-se nesse quadro que as categorias de competências mais mencionadas pelos autores são as pessoais, sociais e técnicas, confirmando novamente a relevância dessas categorias de competências já mencionadas por autores da literatura.

Por fim, no Quadro 15 são apresentadas as competências profissionais requeridas pela indústria 4.0 consideradas nesta dissertação. Para a elaboração do referido Quadro foram consideradas competências citadas por dois ou mais artigos como critério de filtragem para facilitar na análise a ser realizada pelos especialistas através do método Delphi.

Quadro 15 - Lista de competências profissionais extraídas da literatura dentro do contexto da indústria 4.0

CATEGORIAS	COMPETÊNCIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Pessoais/Cognitivas	Criatividade	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x				
	Flexibilidade		x	x	x			x		x	x	x	x	x	x					
	Motivação para aprender		x				x			x	x	x	x			x				
	Competência para trabalhar em situações de estresse									x	x									
	Autogestão						x								x					
	Visualização								x					x						
	Pensamento crítico			x	x								x	x						
	Colaboração										x		x						x	x
	Escuta ativa				x				x					x						
Sociais/Gerenciais/Profissionais	Capacidade de liderar		x	x			x			x	x	x					x		x	
	Trabalho em equipe	x		x			x			x	x	x			x		x	x		
	Orientação a serviços				x		x		x					x						
	Comunicação efetiva		x	x			x			x	x	x	x		x				x	
	Inteligência emocional			x	x									x						
	Negociação				x									x						x
	Gestão de pessoas				x				x	x	x	x		x			x			
	Persuasão								x			x		x						
Metodológica	Capacidade de resolver problemas	x	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x		x	
	Resolução de conflitos									x	x						x			
	Competências analíticas		x	x						x	x	x					x	x		
	Competências de pesquisa									x	x						x			
	Capacidade de tomar decisões		x	x	x		x				x	x		x					x	
	Competência interdisciplinar		x				x											x	x	

CATEGORIAS	COMPETÊNCIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Técnicas	Competência em TI (Tecnologia da Informação)		x				x			x	x			x	x	x	x	x		
	Competência de mídia										x						x			
	Controle de qualidade		x		x					x	x			x					x	
	Gestão do conhecimento														x		x			
	Conhecimento de estatística														x		x			
	Análise de dados e interpretação	x					x								x	x		x		

Autores: (1) (EROL *et al.*, 2016); (2) (HECKLAU *et al.*, 2017); (3) (BARBER, 2018); (4) (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016); (5) (CSATH, 2018); (6) (PRIFTI *et al.*, 2017); (7) (AGOLLA, 2018); (8) (VERDE LEAL, 2018); (9) (JERMAN *et al.*, 2018); (10) (HECKLAU *et al.*, 2016); (11) (JANIS; ALIAS, 2018); (12) (VAN LAAR *et al.*, 2017); (13) (ASSANTE *et al.*, 2019); (14) (GEHRKE; RULE, 2015); (15) (MÜLLER *et al.*, 2018); (16) (GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017); (17) (RICHERT *et al.*, 2016) (18) (GRZELCZAK *et al.*, 2018); (19) (CARUSO, 2017)

Fonte: Próprio autor

Com a crescente automação dos postos de trabalho, o que vai diferenciar as máquinas dos seres humanos são as características humanas, como por exemplo a criatividade, pelo fato dos robôs serem programados para desempenhar as tarefas de modo racional, não possuindo, nem desenvolvendo as emoções como os seres humanos. Sendo assim, é possível notar que no Quadro 15 as categorias pessoais, sociais e metodológicas são as mais citadas pelos autores, confirmando o que Liszka *et al.* (2019), Prifti *et al.* (2017), Janis, Alias, (2018) e Richert *et al.* (2016) apontam no que se refere às competências profissionais mais relevantes para a quarta revolução industrial. Dentro dessas categorias, as competências que se destacam e que foram as mais encontradas na literatura são a criatividade, flexibilidade, capacidade de liderar, de resolver problemas, de tomar decisões e comunicação efetiva. Para que essas competências sejam melhor compreendidas, foi elaborado um quadro (ver Quadro 16) que apresenta uma contextualização delas.

Quadro 16 – Contextualizações das competências

CATEGORIAS	COMPE-TÊNCIA	CONTEXTO	AUTORES
PESSOAIS/ COGNITIVAS	Criatividade	A criatividade é caracterizada pela capacidade de perceber o mundo de novas maneiras, encontrar padrões ocultos, estabelecer conexões entre fenômenos aparentemente não relacionados e gerar soluções. Ou seja, é a capacidade de gerar ideias novas ou tratar ideias familiares de uma nova maneira e transformar essas ideias em um produto, serviço ou processo reconhecido como novo dentro de um domínio específico.	(GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017; VAN LAAR *et al.*, 2017)
	Flexibilidade	A capacidade de gerar ou usar diferentes conjuntos de regras para combinar ou agrupar coisas de maneiras diferentes	(WORLD ECONOMIC FORUM, 2016)
	Motivação para aprender	Mudanças mais frequentes relacionadas ao trabalho tornam obrigatório que os funcionários estejam dispostos a aprender. Em ecossistemas altamente perturbadores, mudanças de condições e situações em mudança não criam problemas. Novos desafios podem ser abordados adequadamente. Novas equipes são formadas com alegria, e o sucesso e o fracasso podem ser aprendidos. Dentro de um período de tempo razoável, novos conhecimentos e habilidades podem ser obtidos, permitindo que a pessoa execute outras tarefas.	(HECKLAU *et al.*, 2016, 2017)
	Competência para trabalhar em situações de estresse	Os funcionários envolvidos nos processos de inovação precisam lidar com o aumento da pressão, devido a ciclos de vida mais curtos do produto e menor tempo de colocação no mercado	(HECKLAU *et al.*, 2016)
	Autogestão	As habilidades para definir metas para você e gerenciar a progressão para alcançar essas metas, a fim de avaliar seu próprio progresso.	(VAN LAAR *et al.*, 2017)
	Visualização	A capacidade de imaginar como algo ficará depois que ele for movido ou quando suas partes forem movidas ou reorganizadas	(WORLD ECONOMIC FORUM, 2016)

CATEGORIAS	COMPE-TÊNCIA	CONTEXTO	AUTORES
	Pensamento crítico	Usando lógica e raciocínio para identificar os pontos fortes e fracos de soluções alternativas, conclusões ou abordagens de problemas.	(WORLD ECONOMIC FORUM, 2016)
	Colaboração	As habilidades para desenvolver uma rede social e trabalhar em equipe para trocar informações, negociar acordos e tomar decisões com respeito mútuo, para alcançar um objetivo comum.	(VAN LAAR *et al.*, 2017)
	Escuta ativa	Prestando total atenção ao que as outras pessoas estão dizendo, tendo tempo para entender os pontos apresentados, fazendo as perguntas apropriadas e não interrompendo em horários inadequados.	(WORLD ECONOMIC FORUM, 2016)
SOCIAIS/ GERENCIAIS/ PROFISSIO-NAIS	Capacidade de liderar	Tarefas mais responsáveis e hierarquias achatadas fazem com que cada funcionário se torne um líder	(HECKLAU *et al.*, 2016)
	Trabalho em equipe	O crescente trabalho em equipe e o trabalho compartilhado nas plataformas esperam a capacidade de seguir as regras da equipe	(HECKLAU *et al.*, 2016)
	Orientação a serviços	Procurando ativamente maneiras de ajudar as pessoas.	(WORLD ECONOMIC FORUM, 2016)
	Comunicação efetiva	As habilidades para transmitir informações a outras pessoas, garantindo que o significado seja expresso efetivamente	(VAN LAAR *et al.*, 2017)
	Inteligência emocional	Estar ciente das reações dos outros e entender por que eles reagem como eles reagem.	(WORLD ECONOMIC FORUM, 2016)
	Negociação	Reunir outras pessoas e tentar reconciliar diferenças	(WORLD ECONOMIC FORUM, 2016)
	Gestão de pessoas	Motivar, desenvolver e direcionar as pessoas enquanto trabalham, identificando as melhores pessoas para o trabalho.	(WORLD ECONOMIC FORUM, 2016)
	Persuasão	Convencer os outros a mudar de ideia ou comportamento.	(WORLD ECONOMIC FORUM, 2016)
METODOLÓGI-CA	Capacidade de resolver problemas	As habilidades para processar cognitivamente e entender uma situação problemática em combinação com o uso ativo do conhecimento para encontrar uma solução para um problema. Além disso, os funcionários devem ser capazes de identificar fontes de erros e melhorar os processos.	(HECKLAU *et al.*, 2016; VAN LAAR *et al.*, 2017)
	Resolução de conflitos	A resolução de conflitos é uma parte essencial da função de um gerente. Gerenciar e resolver conflitos requer maturidade emocional, autocontrole e empatia. Resolver conflitos de maneira positiva é uma habilidade que pode ser desenvolvida e praticada	(GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017)
	Competências analíticas	Competências analíticas são os processos de pensamento necessários para avaliar as informações efetivamente, que incluem a capacidade de visualizar, coletar informações, articular, analisar, resolver problemas complexos e tomar decisões	(GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017)
	Competências de pesquisa	As habilidades de pesquisa podem ser necessárias para usar fontes confiáveis para aprendizado contínuo em ambientes em mudança. Ser capaz de fornecer informações e conselhos detalhados sobre um determinado tópico é uma habilidade importante	(GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017)

CATEGORIAS	COMPE-TÊNCIA	CONTEXTO	AUTORES
	Capacidade de tomar decisões	A tomada de decisão é o processo de fazer escolhas, identificando uma decisão, coletando informações e avaliando resoluções alternativas	(GRZYBOWSKA; ŁUPICKA, 2017)
	Competência interdisciplinar	Aumentar a complexidade do trabalho requer vários conjuntos de competências e conhecimentos, necessários para o desempenho fora da própria profissão	(HECKLAU *et al.*, 2017)
TÉCNICAS	Competência em TI (Tecnologia da Informação)	O trabalho virtual em servidores ou plataformas obriga os funcionários a conhecer a segurança cibernética	(HECKLAU *et al.*, 2016);
	Competência de mídia	Aumentar o trabalho virtual exige que os funcionários possam usar mídias inteligentes, por exemplo óculos inteligentes	(HECKLAU *et al.*, 2016);
	Controle de qualidade	Realização de testes e inspeções de produtos, serviços ou processos para avaliar qualidade ou desempenho	(WORLD ECONOMIC FORUM, 2016)
	Gestão do conhecimento	As habilidades para pesquisar, selecionar e organizar informações com eficiência para tomar decisões informadas sobre as fontes mais adequadas de informações para uma determinada tarefa	(VAN LAAR *et al.*, 2017)

Fonte: Próprio autor

3.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO TRÊS

O capítulo três abordou o conceito, o desenvolvimento, as características e as mudanças da quarta revolução industrial, além das tecnologias, princípios, benefícios e desafios desse cenário, tendo cumprido um dos objetivos específicos que é mapear e compreender os princípios da indústria 4.0. Além disso, esse capítulo apresentou os tipos de competências e suas definições, bem como identificou as principais competências profissionais requeridas pela indústria 4.0.

O capítulo seguinte aborda os procedimentos metodológicos, adotados na presente pesquisa, conforme se verifica a seguir.

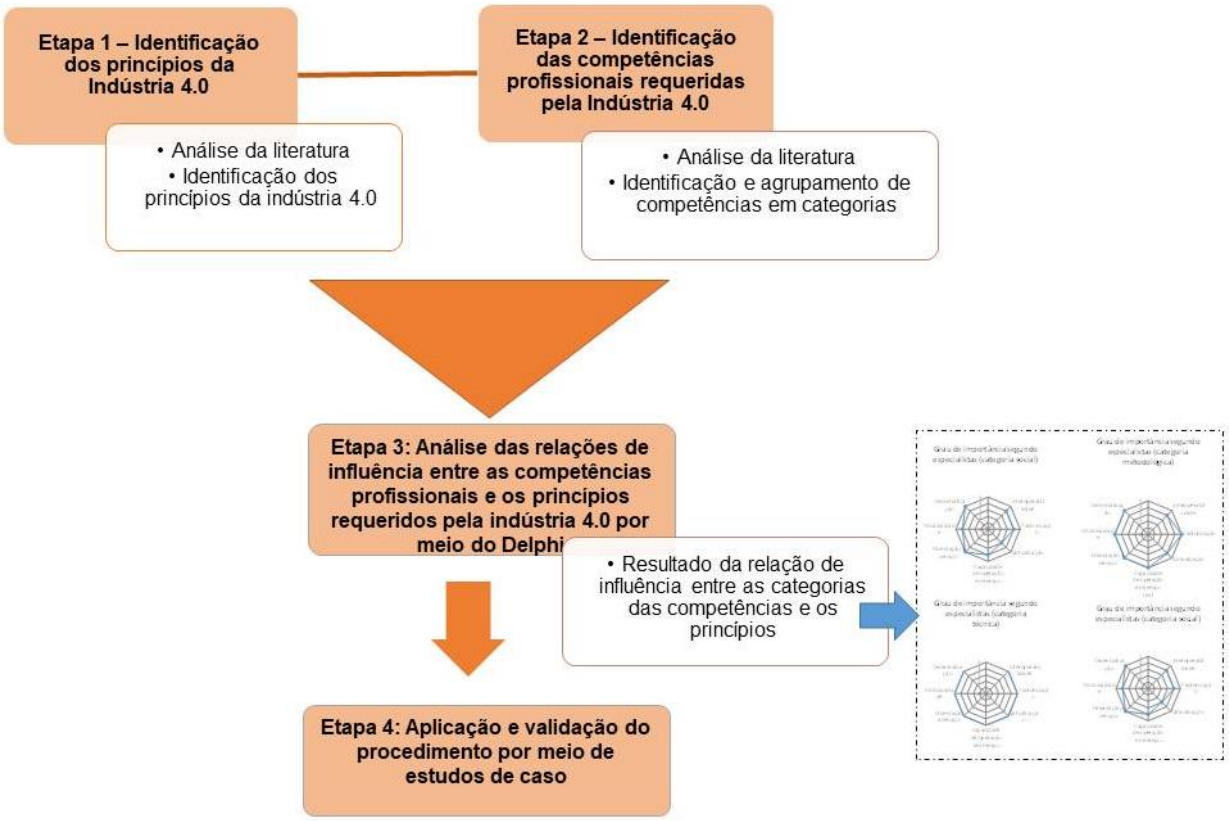
4. PROCEDIMENTOS PARA A PESQUISA EMPÍRICA

Este capítulo apresenta as etapas para o desenvolvimento e validação do procedimento de avaliação das competências profissionais em relação aos princípios requeridos pela indústria 4.0.

4.1 ETAPAS PARA O DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO DAS COMPETÊNCIAS PROFISSIONAIS EM RELAÇÃO AOS PRINCÍPIOS REQUERIDOS PELA INDÚSTRIA 4.0

O desenvolvimento do procedimento de avaliação das competências profissionais em relação aos princípios requeridos pela indústria 4.0 foi desenvolvido em 4 etapas, conforme pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 - Etapas para o desenvolvimento do procedimento de avaliação



Fonte: Próprio autor

As etapas 1 e 2 foram executadas, e seus resultados estão apresentados no formato de síntese nos Quadros 7 e 15 (ambos no capítulo três). A seguir, maiores detalhes sobre as etapas 3 e 4.

4.1.1 Etapa 3: Análise das relações entre as competências profissionais e os princípios requeridos pela indústria 4.0 por meio de pesquisa com especialistas (*Delphi)*

O objetivo original do *Delphi* é obter o consenso de opinião mais confiável de um grupo de especialistas, por meio de uma série de questionários intensivos intercalados com *feedback* controlado de opinião, particularmente em áreas onde os dados físicos estão indisponíveis ou são muito caros para obter (EVANS; COLLIER, 2012). Quatro características principais podem ser consideradas necessárias para definir o *Delphi* (STEWART, 1999):

1) Anonimato: é alcançado através do uso de questionários. Essa característica permite que os membros individuais do grupo tenham a oportunidade de expressar suas opiniões e julgamentos em particular, permitindo que eles considerem cada ideia apenas com base no mérito
2) Iteração: com a iteração do questionário em várias rodadas, os indivíduos têm a oportunidade de mudar suas opiniões e julgamentos sem medo da opinião dos outros do grupo.
3) *Feedback* controlado: entre cada iteração do questionário, é fornecido *feedback* controlado através do qual os membros do grupo são informados das opiniões de seus colegas anônimos. Frequentemente, o *feedback* é apresentado como um resumo estatístico simples da resposta do grupo.
4) Agregação estatística da resposta do grupo: após várias rodadas de iteração do questionário, o julgamento do grupo é considerado como a média estatística (média/mediana) das estimativas dos participantes do painel na rodada final.

Um processo *Delphi* válido consiste em, pelo menos, uma pesquisa de questionário de três iterações, sendo o objetivo da iteração inicial identificar problemas amplos relacionados aos vários componentes do problema em questão (EVANS; COLLIER, 2012). A segunda rodada e subsequentes são mais específicas, de modo que o questionário é analisado quantitativamente e busca a classificação de vários itens em termos de significância (EVANS;

COLLIER, 2012). À medida que o pesquisador retorna os resultados das rodadas anteriores, tende a haver convergência para um consenso de opinião (EVANS; COLLIER, 2012).

Além disso, os pesquisadores podem usar o método *Delphi* de várias maneiras relacionadas diretamente à construção de teoria, conforme abaixo (OKOLI; PAWLOWSKI, 2004):

1) Primeiro, a classificação de um estudo *Delphi* pode ser valiosa nos estágios iniciais do desenvolvimento da teoria, ajudando os pesquisadores a identificar as variáveis de interesse e gerar propostas;
2) Segundo, como um estudo do *Delphi* solicita informações de especialistas com ampla experiência, pesquisando sobre suas experiências e opiniões, os pesquisadores estendem significativamente as observações empíricas nas quais sua teoria inicial se baseia, fortalecendo o fundamento da teoria e aumentando a probabilidade de que a teoria resultante será mantida em vários contextos e configurações.
3) Terceiro, embora poucos estudos recentes sobre o *Delphi* tenham se aproveitado dessa opção, pedir aos entrevistados que justifiquem suas respostas pode ser uma ajuda valiosa para entender as relações causais entre os fatores, uma compreensão necessária para construir a teoria.
4) Quatro, um estudo *Delphi* pode contribuir para construir validade. Os projetos de estudo do *Delphi* que solicitam aos participantes que validem suas respostas iniciais para garantir que os pesquisadores entendam os significados dos itens da lista enviados, podem contribuir com esse objetivo.

Diante do exposto, será detalhado como a técnica do *Delphi* foi colocada em prática no presente trabalho.

O *Delphi* foi aplicado através de questionário (ver Apêndice A), de modo que foi solicitado aos especialistas a atribuição de um nível de importância a uma lista de itens, usando uma escala numérica linear. No presente estudo, especialistas foram convidados a julgar as relações entre as categorias das competências profissionais e os princípios para implementação das tecnologias da indústria 4.0, e atribuir o nível de influência a essas relações. Para analisar o nível de influência dessas relações, foi utilizada a escala de Likert. Foi adotada uma escala de 5 pontos, em que os especialistas poderiam atribuir uma nota 0 (zero), quando eles julgarem que essas relações não possuem influência, até 5 (cinco), quando eles julgarem que essas relações de influência eram muito fortes. A escala de Likert está apresentada no Quadro 17.

Quadro 17 - Escala de Likert

VALOR	NÍVEL DE INFLUÊNCIA
0	Sem influência
1	Muito fraca
2	Fraca
3	Mediana
4	Forte
5	Muito forte

Fonte: Próprio autor

Além disso, no questionário da primeira rodada, os especialistas foram convidados a analisar 29 competências que foram encontradas na literatura. Dessa forma, foi solicitado que os especialistas verificassem se concordavam com a categoria na qual elas foram atreladas ou se preferiam excluí-las ou relacioná-las com outra categoria (ver Apêndice C).

Para selecionar os especialistas que fariam parte da pesquisa foi considerado os artigos que compuseram o referencial teórico dessa dissertação e que possuem como principal temática competências profissionais e indústria 4.0. Esses autores são professores doutores de universidades renomadas, na área de engenharia industrial, tecnologias digitais, além de chefes de departamento nessas áreas, estudantes de doutorado que pesquisam a temática e consultores em gestão de manufatura e transformação digital. Dessa forma, foram obtidos o nome, instituição e *e-mail* desses especialistas, sendo essas informações inseridas em uma planilha no Excel para se ter uma noção da quantidade de especialistas selecionados, bem como um controle de quem ia respondendo a pesquisa nas diferentes rodadas. Nessa pesquisa, foram realizadas três rodadas do *Delphi*. O período entre a primeira e a última rodada foi de 2 meses e 10 dias, de 1 de Junho até 10 de Agosto de 2020.

Dessa forma, inicialmente o questionário foi enviado para 98 especialistas. Dos 98, 16 especialistas responderam. Na segunda rodada, foi elaborada uma síntese e um *feedback* das respostas dos especialistas, sendo que estas foram enquadradas nas seguintes escalas: menor valor, maior valor e valor mais frequente para cada uma das relações entre as categorias das competências profissionais e os princípios da indústria 4.0. Quando a nota fornecida na primeira rodada não era convergente ao valor mais frequente, o especialista era solicitado a refletir se ele manteria ou mudaria. Dos 16 *e-mails* enviados, 10 especialistas responderam.

Para a terceira rodada, uma síntese e um *feedback* das respostas dos especialistas foram elaborados e reenviados para os especialistas, com pequenas adaptações ao questionário. Analogamente à segunda rodada, as notas que convergiram com o valor mais frequente não precisaram ser reconsideradas. Dos 10 *e-mails* enviados, 6 especialistas responderam. O Quadro 18 apresenta um resumo das três rodadas.

Quadro 18 - Rodadas do Delphi

Rodada	Duração	Número de especialistas	Número de respostas	Porcentagem das respostas
1	1 mês	98	16	16,32%
2	20 dias	16	10	62,5%
3	20 dias	10	6	60%

Para cada rodada, as notas fornecidas pelos especialistas foram submetidas a um teste estatístico de concordância, coeficiente de concordância de Kendall (W), a fim de medir a convergência das rodadas. O coeficiente de concordância de Kendall é uma medida de concordância entre várias variáveis quantitativas ou semi quantitativas (m), que estão avaliando um conjunto de (n) objetos de interesse (LEGENDRE, 2010).

Nesse trabalho, m é o número de especialistas e n é a influência das competências nos princípios da indústria 4.0. O coeficiente varia entre 0 (sem concordância entre especialistas) e 1 (concordância completa entre especialistas) (AZEVEDO et al., 2012)

Para o cálculo do coeficiente de Kendall foi utilizado o aplicativo MegaStat para Microsoft Excel. Além disso, para corroborar os resultados de W, outra medida estatística foi aplicada: p-valor, que indica o nível de significância de W que deve ser inferior a 5% (0,05) (AZEVEDO et al., 2012). Maiores detalhes sobre os resultados da aplicação do *Delphi* e dos testes de concordância das respostas são apresentados no capítulo 5.

4.1.2 Etapa 4: Aplicação do procedimento por meio de estudos de caso

O estudo de caso é uma investigação de natureza empírica, que investiga um determinado fenômeno, geralmente contemporâneo, dentro de um contexto real de vida, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto em que ele se insere não são claramente definidas (CAUCHICK MIGUEL *et al.*, 2012). Seu objetivo é aprofundar o conhecimento acerca de um problema não suficientemente definido, visando estimular a compreensão, sugerir hipóteses e questões ou desenvolver teoria (CAUCHICK MIGUEL *et al.*, 2012).

No que se refere às etapas do estudo de caso, essas estão detalhadas de acordo com o que sugere Cauchick Miguel *et al.* (2012) em relação à condução da pesquisa:

a) **Definição de uma estrutura conceitual-teórica**. Esta etapa foi desenvolvida por meio do capítulo três, em que definiu-se o referencial conceitual-teórico para o trabalho, de forma a resultar em um mapeamento da literatura sobre o assunto. A revisão teórica apresentada no capítulo três também permitiu identificar lacunas da literatura que auxiliaram na formulação do problema de pesquisa. Um dos principais resultados da estrutura conceitual foi o

mapeamento das competências profissionais requeridas pela indústria 4.0, relacionando-as com os princípios dessa indústria.

b) **Planejamento dos casos.** Para seleção das empresas, em um primeiro momento foi estabelecido um contato com o SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) e o CETIQT (Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil), que corresponde a uma escola profissional e centro de desenvolvimento profissional para a indústria têxtil localizada no Rio de Janeiro. Nesse contato foi possível verificar quais empresas que tinham parceria com esses órgãos e que tinham implementado ou estavam em fase de implementação das tecnologias 4.0. A partir desse contato inicial, a consultora do SENAI CETIQT indicou três empresas que estavam em fase de implementação ou já tinham implementado de forma mais consolidada as tecnologias da indústria 4.0. Dessa forma, entrou-se em contato com as três indicadas, sendo estas as três unidades de análise selecionadas para o desenvolvimento da presente pesquisa. O Quadro 19 abaixo apresenta algumas informações sobre as empresas em questão.

Quadro 19 - Informações gerais das empresas entrevistadas

INFORMAÇÕES GERAIS	**EMPRESA A**	**EMPRESA B**	**EMPRESA C**
Ano de fundação	2015	1992	1947
Localização (Sede/Filial)	São Paulo/SP	Florianópolis e Palhoça (SC) e Trento, Itália	São Paulo (SP)/Natal (RN)
N° de funcionários	10	200	40000
Linhas de produtos	Vestuário, roupas casuais	*Software* e *hardware* para a indústria da moda	Ramo têxtil e confecção de roupas
Área de atuação dos entrevistados	Fundador e proprietário	Marketing e Vendas	Área de produção do segmento de customização
Cargo dos entrevistados	Fundador (Entrevistado A)	Diretor executivo (Entrevistado B)	Gerente de produção (Entrevistado C)
Data das entrevistas	17/07/2020 e 22/08/2020	21/08/2020	04/09/2020
Tempo das entrevistas	1h40 e 1h15	1h15	2h
Páginas de transcrição	24	16	21
Avaliou quem?	Funcionários de diferentes áreas, como digital *tailer*, modelista, costureira	Funcionários de marketing e vendas,	Funcionários da área de produção do segmento de customização
Porte da empresa	*Startup*	Médio porte	Grande Porte

Fonte: Próprio autor

No Quadro 19, vale salientar que o gestor entrevistado da Empresa C trabalha na filial em Natal, mas a sede da empresa se encontra na capital do estado de São Paulo. É possível notar que para essa pesquisa foram feitas entrevistas com empresas de três regiões diferentes do Brasil (região Sul, Sudeste e Nordeste), o que traz uma visão diversificada sobre o cenário das competências profissionais requeridas para a implementação das tecnologias da indústria 4.0 no país, considerando seus princípios. O gestor da Empresa A avaliou os colaboradores da

sua empresa, composta por 10 funcionários de diferentes áreas, como digital *tailer*, modelista, costureira. O gestor da Empresa B avaliou os colaboradores da área de marketing e vendas, pois ele é um diretor executivo dessa área. E, por fim, o gestor da Empresa C focou na avaliação dos funcionários da área de produção do segmento de customização, uma equipe composta por 20 pessoas, com variados perfis.

Convém ressaltar que as três empresas são do ramo têxtil, mas apresentam portes diferentes, sendo uma empresa considerada *startup*, com apenas 10 funcionários, a outra é uma empresa de médio porte, com 200 funcionários e a empresa C uma empresa de grande porte com 40000 funcionários. Por fim, destaca-se que a Empresa A nasceu inserida no contexto da indústria 4.0, enquanto que a empresa B e C tiveram que se adaptar para se inserir nesse novo contexto.

c) **Consulta a um especialista para refinamento do roteiro de entrevista.** Foi realizada uma consulta a um especialista em 11 de junho de 2020, com a finalidade de aprimorar o roteiro de entrevista e aumentar as chances dele se tornar de fácil entendimento para os gestores da empresa, abordando informações necessárias para a pesquisa ter resultados satisfatórios. Entretanto, nada foi modificado no roteiro, pois segundo o entendimento do especialista, as perguntas estavam alinhadas aos objetivos da pesquisa. O roteiro de entrevista pode ser visualizado no Apêndice D. Convém destacar que o roteiro de entrevista foi desenvolvido levando-se em conta as informações apresentadas no Quadro 15 (competências profissionais requeridas pela indústria 4.0) e no Quadro 7 (princípios da indústria 4.0) (Capítulo três).

d) **Coleta de dados**. Conforme já mencionado, o principal instrumento de coleta de dados foi a entrevista. As entrevistas foram realizadas de forma *online* por meio da plataforma Google Meet e foram gravadas nessa mesma plataforma, por ser mais vantajoso no sentido da precisão para análise posterior. Com relação aos entrevistados, são considerados gestores, responsáveis pela tomada de decisão em relação a mudanças requeridas pela indústria 4.0, e que possuem conhecimento sobre esse contexto e seus princípios (ver Quadro 7).

e) **Análise dos dados (dentro e entre os casos).** Inicialmente, dentro dos casos, foram analisadas informações sobre a indústria 4.0 e suas tecnologias de maneira geral, citando quais tecnologias já foram implementadas nas empresas, além de entender sobre o processo de implementação delas, as dificuldades encontradas, os motivos para implementá-las e os benefícios gerados. Em seguida, foi feita uma análise sobre os princípios da indústria 4.0 e se eles tinham relação com as competências profissionais requeridas nesse contexto. E, por último, foi feita uma análise se as competências profissionais mapeadas na literatura encontram-se

desenvolvidas na equipe dos gestores entrevistados, e como eles avaliavam essas competências para implementação das tecnologias da indústria 4.0, e a consequente adoção dos princípios. Eles avaliaram essas competências na equipe atribuindo uma nota de 0 a 5, em que 0 representava sem influência e 5 representava influência muito alta. Em seguida, na análise entre os casos, foi feito um gráfico cruzando os resultados do *Delphi* com os dos Estudos de Caso para cada empresa entrevistada. Além disso, os resultados individuais das empresas A, B e C também foram cruzados, a fim de comparar os resultados entre elas, bem como discutir as informações, considerando a literatura consultada.

f) **Geração do relatório da pesquisa**: nesta etapa foi gerado o relatório da pesquisa, no qual os resultados foram analisados e comparados com a teoria, cujas informações são apresentadas no Capítulo 5.

Por fim, o estudo de caso deve estar pautado na confiabilidade e validade, que são critérios para julgar a qualidade da pesquisa. A confiabilidade visa demonstrar que as operações de um estudo (como por exemplo, os procedimentos para coleta dos dados) podem ser repetidas apresentando os mesmos resultados (YIN, 2003). O Quadro 20 apresenta a validade, confiabilidade e etapa da pesquisa.

Quadro 20 - Validade, confiabilidade e etapa da pesquisa

TESTES	**TÁTICA DO ESTUDO DE CASO**	**FASE DA PESQUISA NA QUAL A TÁTICA DEVE SER APLICADA**
Validade do constructo	- Refinamento de roteiro de entrevista por meio de especialista -Desenvolvimento de um protocolo de estudo de caso, contendo os procedimentos para coleta de dados, descrição das entrevistas e as questões do roteiro de pesquisa - Triangulação de dados: utilização de múltiplas fontes de evidência (entrevistas com roteiros semiestruturados e sites das empresas) - Apresentação dos critérios para seleção dos entrevistados - Apresentação dos critérios para escolha dos métodos de coleta dados - Descrição do tempo utilizado para coleta dados	- Coleta dos dados - Análise dos dados
Validade interna	- O desenvolvimento do procedimento de avaliação é pautado por uma revisão da literatura - Menção dos procedimentos de coleta de dados	- Planejamento dos casos - Análise dos dados
Validade externa	- Estudos de caso múltiplos - Apresentação dos critérios de seleção dos casos - Comparação entre o procedimento de avaliação e os achados empíricos - Possibilidade de replicação da pesquisa, utilizando o procedimento de avaliação em outras empresas	- Planejamento dos casos - Análise dos dados - Relatório de pesquisa
Confiabilidade	- Dados coletados a partir de entrevistas com roteiros semiestruturados - Utilização de gravação durante as entrevistas - Utilização de trechos das entrevistas para análise dos resultados	- Coleta de dados

Fonte: Elaborado com base em MIGUEL (2007)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 RESULTADOS DO *DELPHI*

O Delphi foi adotado nesta pesquisa para relacionar as categorias das competências requeridas pela indústria 4.0 com os princípios da mesma. Na primeira rodada cada especialista atribuiu notas, variando de 0 a 5, em que 0 representa sem influência e 5 representa influência muito alta. As respostas foram classificadas pelos seguintes critérios: menor valor, maior valor e valor mais frequente para cada relação a_{ij} que relaciona as categorias das competências com os princípios, em que *i* está representando as linhas e *j* as colunas do Quadro 21.

Quadro 21 - Relação entre os princípios e as categorias

CATEGORIAS DAS COMPETÊNCIAS PROFISSIONAIS	PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0						
	Interoperabilidade	**Padronização**	**Virtualização**	**Capacidade de operação em tempo real**	**Orientação a serviços**	**Modularidade**	**Descentralização**
Pessoais/Cognitivas	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}	a_{16}	a_{17}
Sociais/Gerenciais/Profissionais	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	a_{25}	a_{26}	a_{27}
Metodológica	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	a_{35}	a_{36}	a_{37}
Técnica	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}	a_{45}	a_{46}	a_{47}

Fonte: Próprio autor

Na primeira rodada foi pedido aos especialistas para julgarem se as competências encontradas na literatura estavam de acordo com as categorias apontadas pelos autores da área. Em caso negativo, foi solicitado para indicar para qual categoria eles colocariam determinada competência. Os resultados da primeira, segunda e terceira rodadas do *Delphi* podem ser encontrados no Apêndice C.

Para analisar o nível de convergência das respostas, foi utilizado o coeficiente de concordância de Kendall (W) nas três rodadas do Delphi, confirme se observa nas Figuras 9, 10 e 11. O coeficiente de concordância mostrou que houve uma melhora entre as rodadas e o nível de significância na terceira rodada foi inferior a 0,05 para todos os conjuntos de dados. As Figuras também mostram p-valor indicando o nível de significância de W (que deve ser inferior a 5% - 0,05).

O Quadro 22 mostra resumidamente o p-valor e o coeficiente de concordância de Kendall (W) nas três rodadas. Os valores infinitesimais foram arredondados para zero. Dessa forma, observa-se um aumento significativo no nível de concordância das respostas dos especialistas, além de ter um p-valor mantido em 0, o que é um bom resultado, mostrando que o W é muito significativo pois o p-valor é menor que 0,05 e mostrando que o *Delphi* foi realizado com sucesso.

Figura 9 - Convergência das rodadas - Coeficiente de Kendall e nível de significância – Primeira rodada

Kendall Coefficient of Concordance

Sum of Ranks	*Avg. Rank*	
195,50	12,22	Interoperabilidade
148,50	9,28	Padronização
194,00	12,13	Virtualização
190,00	11,88	Capacidade de operação em tempo real
235,50	14,72	Orientação a serviços
213,50	13,34	Modularidade
254,00	15,88	Decentralização
218,50	13,66	Interoperabilidade
131,50	8,22	Padronização
118,00	7,38	Virtualização
198,50	12,41	Capacidade de operação em tempo real
267,50	16,72	Orientação a serviços
171,00	10,69	Modularidade
219,00	13,69	Decentralização
202,00	12,63	Interoperabilidade
258,00	16,13	Padronização
217,50	13,59	Virtualização
248,50	15,53	Capacidade de operação em tempo real
223,50	13,97	Orientação a serviços
273,00	17,06	Modularidade
241,00	15,06	Decentralização
332,00	20,75	Interoperabilidade
322,00	20,13	Padronização
313,50	19,59	Virtualização
289,00	18,06	Capacidade de operação em tempo real
263,00	16,44	Orientação a serviços
277,50	17,34	Modularidade
280,50	17,53	Decentralização
6.496,00	14,50	Total

16	n
91,219	chi-square (corrected for ties)
27	d.f.
6,79E-09	p-value
0,211	W
0,159	avg. rank-order correlation

Fonte: Próprio autor

Figura 10 - Convergência das rodadas - Coeficiente de Kendall e nível de significância – Segunda rodada

Kendall Coefficient of Concordance

Sum of Ranks	*Avg. Rank*	
112,50	11,25	Interoperabilidade
79,50	7,95	Padronização
58,50	5,85	Virtualização
91,50	9,15	Capacidade de operação em tempo real
166,00	16,60	Orientação a serviços
90,50	9,05	Modularidade
177,50	17,75	Decentralização
92,00	9,20	Interoperabilidade
72,00	7,20	Padronização
60,00	6,00	Virtualização
91,50	9,15	Capacidade de operação em tempo real
174,50	17,45	Orientação a serviços
111,00	11,10	Modularidade
151,00	15,10	Decentralização
139,00	13,90	Interoperabilidade
160,50	16,05	Padronização
131,50	13,15	Virtualização
157,00	15,70	Capacidade de operação em tempo real
148,50	14,85	Orientação a serviços
181,50	18,15	Modularidade
208,00	20,80	Decentralização
212,00	21,20	Interoperabilidade
200,00	20,00	Padronização
218,00	21,80	Virtualização
190,00	19,00	Capacidade de operação em tempo real
180,50	18,05	Orientação a serviços
187,50	18,75	Modularidade
218,00	21,80	Decentralização
4.060,00	14,50	Total

10	n
127,476	chi-square (corrected for ties)
27	d.f.
5,42E-15	p-value
0,472	W
0,413	avg. rank-order correlation

Fonte: Próprio autor

Figura 11- Convergência das rodadas - Coeficiente de Kendall e nível de significância – Terceira rodada

Kendall Coefficient of Concordance

Sum of Ranks	*Avg. Rank*	
45,50	7,58	Interoperabilidade
39,50	6,58	Padronização
52,00	8,67	Virtualização
38,00	6,33	Capacidade de operação em tempo real
125,00	20,83	Orientação a serviços
38,00	6,33	Modularidade
93,50	15,58	Decentralização
45,50	7,58	Interoperabilidade
45,50	7,58	Padronização
40,00	6,67	Virtualização
35,50	5,92	Capacidade de operação em tempo real
125,00	20,83	Orientação a serviços
45,50	7,58	Modularidade
112,00	18,67	Decentralização
59,50	9,92	Interoperabilidade
111,00	18,50	Padronização
72,50	12,08	Virtualização
99,50	16,58	Capacidade de operação em tempo real
99,50	16,58	Orientação a serviços
125,00	20,83	Modularidade
125,00	20,83	Decentralização
125,00	20,83	Interoperabilidade
125,00	20,83	Padronização
125,00	20,83	Virtualização
125,00	20,83	Capacidade de operação em tempo real
113,50	18,92	Orientação a serviços
125,00	20,83	Modularidade
125,00	20,83	Decentralização
2.436,00	14,50	Total

6	n
122,205	chi-square (corrected for ties)
27	d.f.
4,50E-14	p-value
0,754	W
0,705	avg. rank-order correlation

Fonte: Próprio autor

Quadro 22 - Resumo da convergência das rodadas - Coeficiente de Kendall e nível de significância

Rodada 1		Rodada 2		Rodada 3	
W	p-valor	W	p-valor	W	p-valor
0,211	0,000	0,472	0,000	0,754	0,000

Fonte: Próprio autor

5.1.1 Resultados e discussões das competências relacionando com as categorias

Na primeira etapa da técnica Delphi, foi pedido aos especialistas para verificar se as competências listadas estavam encaixadas nas categorias adequadas. Em caso negativo, eles puderam indicar qual seria a categoria mais adequada e poderiam justificar a escolha. A Figura 12 apresenta o percentual de concordância dos especialistas na alocação das competências dentro das categorias.

Figura 12 - Percentual de concordância dos especialistas na alocação das competências dentro das categorias

Fonte: Próprio autor

É possível notar na Figura 12 que a competência colaboração teve um dos mais altos percentuais de rejeição no que se refere à sua alocação na categoria pessoal. Alguns especialistas acreditam que a colaboração se encaixaria melhor na categoria social, tendo em vista que geralmente se refere à interação com outras pessoas e, um dos especialistas acredita que a colaboração é importante para entender plataformas e interconexões, o que se associa ao princípio da interoperabilidade.

Outras competências que tiveram um percentual de rejeição um pouco elevado foram a resolução de conflitos, capacidade de tomar decisões e a competência interdisciplinar, que segundo alguns especialistas se encaixariam melhor na competência social.

Além disso, um especialista sugeriu a inclusão de uma competência relacionada à orientação às pessoas. Ele explicou que conforme a literatura aponta, em um contexto de indústria 4.0, capacidades relacionais serão relevantes para equipes multidisciplinares e práticas integradas e, dessa forma, indivíduos orientados a pessoas talvez tenham mais sucesso que orientados a tarefas e serviços. Entretanto, de acordo com a definição do WORLD ECONOMIC FORUM (2016), presente no Quadro 16, a definição de orientação a serviços está relacionada a procurar ativamente maneiras de ajudar as pessoas, o que se relaciona com a orientação às pessoas.

Nessa parte do questionário da primeira etapa, um único especialista associou algumas competências com desafios tecnológicos que serão enfrentados na indústria 4.0. Por exemplo, a criatividade será útil para entender sistemas físicos e de nuvem, a motivação para aprender vai ser importante para atingir vantagens tecnológicas, o pensamento crítico vai ser útil para gerenciar dados, a colaboração vai ajudar no uso de plataformas e interconexões contribuindo para o princípio da interoperabilidade, a orientação a serviço vai contribuir para uma melhor experiência de consumidores internos e externos, a negociação vai ser importante no sentido de obter o melhor dos fornecedores e o conhecimento em estatística vai ajudar no uso de *softwares* de estatística.

5.1.2 Resultados das categorias relacionando com os princípios

Nos Quadros 23, 24, 25 e 26 podem ser observados os resultados da relação entre as categorias (pessoal, social, metodológica e técnica) e os princípios da indústria 4.0, obtidos através da aplicação da técnica Delphi.

Quadro 23 - Relação da categoria pessoal com os princípios da indústria 4.0

Relação*	**Especialistas**						Menor valor	Maior valor	Valor mais frequente e frequência da nota consensual
	B	**C**	**E**	**G**	**H**	**N**			
a_{11}	4	4	4	4	4	4	4	4	4 – 100%
a_{12}	4	4	4	4	4	3	3	4	4 – 83,3%
a_{13}	3	4	4	5	4	4	3	5	4 – 67%
a_{14}	3	4	4	4	4	4	3	4	4 – 83,3%
a_{15}	5	5	5	5	5	5	5	5	5 – 100%
a_{16}	3	4	4	4	4	4	3	4	4 – 83,3%
a_{17}	4	5	5	5	5	2	2	5	5 – 67%

* Ver Quadro 21

Quadro 24 - Relação da categoria social com os princípios da indústria 4.0

Relação*	Especialistas						Menor valor	Maior valor	Valor mais frequente e frequência da nota consensual
	B	C	E	G	H	N			
a_{21}	4	4	4	4	4	4	4	4	4 – 100%
a_{22}	4	4	4	4	4	4	4	4	4 – 100%
a_{23}	3	3	5	4	3	4	3	5	3 – 50%
a_{24}	2	4	4	4	4	4	2	4	4 – 83,3%
a_{25}	5	5	5	5	5	5	5	5	5 – 100%
a_{26}	4	4	4	4	4	4	4	4	4 – 100%
a_{27}	5	5	5	5	5	4	4	5	5 – 83,3%

* Ver Quadro 21

Quadro 25 - Relação da categoria metodológica com os princípios da indústria 4.0

Relação*	Especialistas						Menor valor	Maior valor	Valor mais frequente e frequência da nota consensual
	B	C	E	G	H	N			
a_{31}	4	4	5	4	4	4	4	5	4 – 83,3%
a_{32}	5	5	5	4	5	5	4	5	5 – 83,3%
a_{33}	4	4	5	4	4	5	4	5	4 – 67%
a_{34}	4	5	5	4	5	5	4	5	5 – 67%
a_{35}	4	5	5	4	5	5	4	5	5 – 67%
a_{36}	5	5	5	5	5	5	5	5	5 – 100%
a_{37}	5	5	5	5	5	5	5	5	5 – 100%

* Ver Quadro 21

Quadro 26 - Relação da categoria técnica com os princípios da indústria 4.0

Relação*	Especialistas						Menor valor	Maior valor	Valor mais frequente
	B	C	E	G	H	N			
a_{41}	5	5	5	5	5	5	5	5	5 – 100%
a_{42}	5	5	5	5	5	5	5	5	5 – 100%
a_{43}	5	5	5	5	5	5	5	5	5 – 100%
a_{44}	5	5	5	5	5	5	5	5	5 – 100%
a_{45}	4	5	5	5	5	5	4	5	5 – 83,3%
a_{46}	5	5	5	5	5	5	5	5	5 – 100%
a_{47}	5	5	5	5	5	5	5	5	5 – 100%

* Ver Quadro 21

5.1.3 Discussões finais do *Delphi*

Baseado nos resultados da seção anterior, foi elaborado um Quadro (ver Quadro 27) logo abaixo contendo a média dos resultados dos valores mais frequentes de cada categoria, como forma de obter uma visão geral a respeito da opinião dos especialistas.

Quadro 27 - Média dos resultados dos valores mais frequentes das categorias

Categorias	**Média dos resultados**	**Média da frequência da nota consensual**
Pessoais	4,29	83,41%
Sociais	4,14	88,09%
Metodológicas	4,71	81,09
Técnicas	5	97,6

Fonte: Próprio autor

Conforme os resultados apresentados no Quadro 27, pode-se observar que as competências da categoria técnica são mais relevantes para os princípios da indústria 4.0, de acordo com os especialistas consultados no *Delphi*. Entretanto, segundo Liszka *et al.* (2019), Prifti *et al.* (2017), Janis e Alias (2018), Richert *et al.* (2016), Hernandez-de-Menendez *et al.* (2020a) e Rampasso *et al.* (2020), as competências mais relevantes para a quarta revolução industrial são as psicossociais (*soft skills*), comportamentais e sociais, nas quais todas estão relacionadas ao comportamento. Eles enxergam que, devido à crescente automação dos postos de trabalho, será necessário que o ser humano desenvolva suas competências comportamentais para se diferenciar dos robôs e não ser substituído por eles. Isso mostra que os especialistas selecionados do Delphi, apontam uma nova possível tendência em observação às tecnologias que estão surgindo nesse novo contexto e com isso será necessário ter competências técnicas específicas para manusear novos equipamentos. Tais tecnologias são internet das coisas (IoT), *machine learning*, realidade virtual, realidade aumentada, robôs colaborativos, inteligência artificial e impressora 3D.

Portanto, os resultados do Delphi refletem a opinião de muitos dos especialistas consultados na literatura, mas um grupo pequeno dá destaque para as competências comportamentais. Entretanto, para que as competências técnicas sejam adquiridas é importante que os colaboradores sejam motivados a aprender, tenham autogestão e sejam flexíveis, por exemplo, que são competências pessoais. Além disso, as atividades em uma indústria 4.0 exigirão muita colaboração e trabalho em equipe, o que faz com que a categoria pessoal e social sejam bem importantes para o desenvolvimento da categoria técnica.

Por fim, na Figura 13 são apresentados gráficos que representam os resultados do Delphi e que serão utilizados como base para o desenvolvimento do procedimento de avaliação.

Figura 13 - Resultados do Delphi

Figura 13a: Relação dos princípios da indústria 4.0 com a categoria pessoal

Figura 13b: Relação dos princípios da indústria 4.0 com a categoria social

Figura 13c: Relação dos princípios da indústria 4.0 com a categoria metodológica

Figura 13d: Relação dos princípios da indústria 4.0 com a categoria técnica

Na Figura 13 é possível notar claramente que a categoria técnica se destaca em grau de importância para os princípios da indústria 4.0 para os especialistas do Delphi. Em seguida, se encontra a categoria metodológica como a segunda mais importante e, por último, as categorias social e pessoal que possuem notas muito próximas.

Na próxima seção serão abordados os resultados e discussões dos estudos de caso. Os resultados do Delphi servirão de suporte para a análise da situação das empresas entrevistadas como forma de verificar se elas estão no caminho dos princípios da indústria 4.0.

5.2 RESULTADOS DOS ESTUDOS DE CASO

Nessa seção serão abordados os resultados dos estudos de caso, levando-se em conta a avaliação das empresas em relação às competências profissionais necessárias para os princípios da indústria 4.0, comparando-as com a pesquisa realizada com os especialistas (descrito na seção 5.1). Dessa forma, primeiramente será realizada uma análise dentro dos casos, abordando como cada empresa está com relação as competências da indústria 4.0, comparando com os princípios, além de mostrar o que elas fazem para desenvolver as competências nos colaboradores. Em seguida, uma discussão e uma análise comparativa serão construídas a partir da análise cruzada dos casos, comparando as empresas que possuem princípios em comum. E, por fim, serão feitas reflexões finais sobre a análise entre os casos, apresentando um quadro com uma síntese da pesquisa.

5.2.1 Análise dentro dos casos

Essa seção apresenta inicialmente as tecnologias da indústria 4.0 adotadas pelas empresas. Em seguida, a análise das competências e princípios da indústria 4.0 é feito de forma separada em cada uma das Empresas objeto de investigação. Dessa forma, a finalidade é analisar as 29 competências (ver Quadro 15) que foram extraídas da literatura e que são requeridas pela indústria 4.0, relacionando com os princípios.

Em relação às tecnologias da indústria 4.0 adotadas pelas Empresas, o Quadro 28 apresenta essas informações. De acordo com o Quadro 28, pode-se observar que a Empresa A adota uma variedade grande das tecnologias. Entretanto, nota-se que internet das coisas (*IoT*) e robôs colaborativos não foram utilizados, e isso se deve ao fato de estar se tratando de uma *startup*, uma empresa pequena e com poucos funcionários.

Em relação à Empresa B, verifica-se que metade das tecnologias mencionadas já foram implementadas. Entretanto, os robôs colaborativos não foram utilizados, e isso se deve ao fato de ser uma empresa que ainda não possui uma planta completa 4.0 funcionando com tecnologias em perfeita harmonia, mas sim uma empresa com iniciativas isoladas.

Por fim, na Empresa C, os robôs colaborativos fazem parte das tecnologias 4.0 implementadas. Isso se deve ao fato de ser uma empresa de grande porte. Além disso, observa-se que essa empresa não trabalha com *Big Data* e nem com inteligência artificial, mostrando que ela ainda precisa se desenvolver na questão de tratamento de dados brutos para se transformar em conhecimentos poderosos para tomada de decisão. Por outro lado, essa empresa possui a tecnologia de aprendizado de máquina (*machine learning*), o que permite que sistemas possam aprender com dados, identificar padrões e tomar decisões com o mínimo de intervenção humana. Essa tecnologia também está presente nas outras duas empresas entrevistadas. Além desse ponto em comum, a tecnologia de sistemas de computação em nuvem também faz parte de todas as empresas analisadas.

Quadro 28 - Tecnologias da indústria 4.0 implementadas pelas Empresas

TECNOLOGIAS	EMPRESA A	EMPRESA B	EMPRESA C
Sistemas cyber-físicos (*Cyber-physical systems*)			
Internet das Coisas (*Internet of things – IoT*)		X	X
Sistemas de computação em nuvem (*Cloud computing*)	X	X	X
Internet de serviços (*Internet of services - IoS*)		X	
Impressora 3D (manufatura aditiva (*3D printer*)	X		X
Realidade aumentada (*Augmented Reality*)	X		X
Realidade virtual (*Virtual reality*)	X		
Robôs colaborativos (*Cobots*)			X
Aprendizado de máquina (*Machine Learning*)	X	X	X
Big Data	X	X	
Veículos autônomos, incluindo drones			
Inteligência artificial	X	X	
Blockchain			
Outras: Quais?			

Fonte: pesquisa de campo.

Além disso, foram analisadas algumas informações sobre as tecnologias implementadas dentro de cada empresa, conforme Quadro 29.

Quadro 29 - Informações sobre as tecnologias implementadas

INFORMAÇÕES SOBRE AS TECNOLOGIAS	EMPRESA A	EMPRESA B	EMPRESA C
Setores onde foram implementadas	Criação, desenvolvimento de produto e produção	Setor de produção, P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) e na área comercial	No setor de corte automatizado, corte automático, nas estamparias digitais, nas impressoras digitais, em lavanderias e na parte de aplicação de laser em calça jeans.
Processo de implementação / Dificuldades encontradas	Tiveram algumas dificuldades iniciais, mas o fato de já nascerem inseridos no contexto da indústria 4.0 minimizou um pouco essas dificuldades.	As principais dificuldades estavam atreladas a implantação e adaptação das ferramentas. Mas como a empresa é muito aberta para inovações não existiram tantas dificuldades	A maior dificuldade é treinamento e qualificação da equipe para ter uma mentalidade voltada para as tecnologias digitais, de modo que os processos sejam melhores desenvolvidos.
As dificuldades estavam relacionadas à ausência de habilidades e competências dos funcionários? Por quê?	Sim, pois tiveram dificuldade para fazer os colaboradores utilizarem o CAD(desenho assistido por computador) específico para roupas, e com isso fazer com que os colaboradores conseguissem ficar aptos na digitalização do processo de desenvolvimento de produto. Foi um desafio fazer com que os colaboradores tirassem uma ideia do papel e fossem para o mundo real através dessa ferramenta	Sim, pois quando se fala de um assunto tão novo como a indústria 4.0, dificilmente tem-se muitas pessoas prontas e preparadas para lidar com essas novas tecnologias	Sim, quando se vai implementar as tecnologias da indústria 4.0, é preciso ter uma preparação na parte de recursos, pessoas e processos. Aplica-se fortemente o *lean manufacturing*, o seis sigma, trabalhando na linha de desperdício, os indicadores de controle, de custo, de custo minuto, índices de rejeições tem que ser muito bem controlado. Sendo assim, é preciso treinar e qualificar a equipe para implementar tudo isso. É preciso ter pessoas com uma formação mínima na área de informática e técnicos na área de criação e desenvolvimento.
Motivos para implementar	Conseguir entregar produtos customizados	Para se diferenciar, se tornar líder de mercado e estar na vanguarda da indústria 4.0 para o setor da moda	Ter competitividade e qualidade
Benefícios gerados	Sucesso do objetivo principal que é a entrega de produtos customizados	Ganho de marketshare (fração do mercado controlada pela empresa), posicionamento da marca, criação de soluções para ajudar empresas brasileiras a se desenvolverem com as tecnologias 4.0.	Velocidade tanto no desenvolvimento quanto na produção e um custo menor, se tiver com uma tecnologia avançada.

Fonte: pesquisa de campo.

A Empresa A não teve tanta dificuldade para implementar as tecnologias, pois já nasceu e cresceu inserida nesse contexto. Entretanto, enfrentou uma única dificuldade com a utilização da ferramenta CAD, para que os colaboradores conseguissem ficar aptos na digitalização do processo de desenvolvimento do produto. Entretanto, como os funcionários são motivados a aprender, foram em busca de informações para aprender a utilizar essa ferramenta para atingir o objetivo principal, que é a entrega de produtos customizados. Além disso, no que se refere aos princípios da indústria 4.0, o Entrevistado A respondeu que tem conhecimento a respeito

deles e que a virtualização é o único princípio que se aplica ao contexto da empresa. A Empresa A é especializada em consultoria de pesquisa e desenvolvimento de soluções em 3D. Ela oferece um serviço de mapeamento do corpo das pessoas de modo que suas proporções são obtidas para a criação de uma roupa customizada. A partir das imagens escaneadas através de uma câmera, os dados vão para um *software*, onde são ajustados e cria-se um mapa do corpo da pessoa, e a modelagem e o corte de cada peça são elaborados por computador. Em seguida, o molde é enviado para um costureiro e o fornecedor tem a flexibilidade de enviar a quantidade de tecido desejado pelo costureiro de maneira personalizada, sem desperdício de material. Isso permitirá que no futuro não seja necessário ir a uma loja de roupas, por exemplo, pois será possível mapear as medidas do corpo com precisão e, através de uma impressão 3D, começar a imprimir as próprias roupas em casa. Além disso, essa tecnologia de escaneamento corporal permite criar uma roupa adequada para cada pessoa, de acordo com o seu corpo, eliminando a necessidade de números padronizados, como existe na indústria da moda atualmente.

Na Empresa B, as principais dificuldades estavam relacionadas à implantação e adaptação das ferramentas 4.0, e isso de certa forma está relacionado à ausência de competências profissionais, se traduzindo em dificuldades no que tange à funcionários prontos e preparados para lidar com essas novas tecnologias. Entretanto, a empresa é muito aberta para inovações e isso de certa forma minimizou as dificuldades. A Empresa B é referência em inovação tecnológica no mundo inteiro, com mais de 20 produtos desenvolvidos para o mercado da moda. Ela desenvolve soluções fáceis de aprender, usar e manter, que aceleram a criação, o desenvolvimento e a produção de moda. O foco principal são soluções desde a parte de criação, *software* voltado para o desenvolvimento de uma coleção e máquinas de corte, tanto de impressão, quanto de corte automatizadas, além da criação de forma digital em 3D, modelagem em 3D e gestão de processo de criação. Dentre os produtos desenvolvidos na Empresa B a seguir encontram-se alguns: um produto que cria modelos diretamente sobre um manequim tridimensional, através da tecnologia 4DAlize, que possibilita criar e visualizar croquis de uma coleção sem precisar de molde; um produto que gerencia coleções e foi desenvolvido baseado nas experiências das equipes de criação/estilo e gestores de desenvolvimento de produto/coleção; um servidor de encaixe que economiza mais tecido e tempo de produção. Além de alguns desses produtos, a Empresa B possui algumas tecnologias específicas para o mercado da moda, dentre elas se destacam algumas: uma tecnologia que permite cronometrar a hora, dia, semana e mês da produção, alinhados com os objetivos da empresa e fornecidos automaticamente para tomada de decisões com segurança; uma tecnologia que permite conectar pessoas e equipamentos, trazendo solução ideal para o planejamento e gestão de enfestos de

tecido e cortes; uma tecnologia que digitaliza moldes com precisão e rapidez, que se transformam em bases, podendo ser modificados sem perder o modelo inicial.

Por fim, a Empresa C enfrenta dificuldades para tornar os processos cada vez mais desenvolvidos no contexto da indústria 4.0. Essas dificuldades também podem estar atreladas à ausência de determinadas competências profissionais que são requeridas no contexto dessa indústria. Além disso, verificou-se que a equipe necessita de treinamento e qualificação para ter uma mentalidade voltada para as tecnologias digitais. A Empresa C tem como objetivo democratizar a moda no Brasil, por meio da renovação constante, modernização do seu parque fabril e centros de distribuição, investindo em pesquisa, criação, desenvolvimento e logística. É a única do mercado a reunir as três vertentes de seu negócio: varejo, indústria e financeira, de modo que o tempo entre o desenvolvimento do produto e a chegada ao consumidor final é otimizada, aumentando a eficiência e competitividade. Seus principais produtos são a confecção de roupas para o público feminino, masculino, infantil e moda íntima.

Portanto, nota-se que nas três empresas é necessário o desenvolvimento de competências profissionais (pessoais, sociais, metodológicas e técnicas para a implantação das tecnologias 4.0.). Uma análise mais detalhada sobre essas competências em cada uma das empresas é feita a seguir.

5.2.1.1 Empresa A

No que se refere a relação das competências profissionais com os princípios da indústria 4.0 o Entrevistado A informou que:

> A peça fundamental para iniciar a indústria 4.0 são os colaboradores e conseguir implementar uma cultura de inovação, mais digital é fundamental para esse contexto. Para implementação dos princípios é preciso que a pessoas estejam preparadas para isso. Por exemplo, quando se fala em um processo mais inteligente, se fala em colaboradores que precisam trabalhar de forma inteligente e que saibam utilizar as ferramentas certas. Quando se fala em "automatizar uma fábrica" e conseguir entender como essa fábrica trabalha e como tirar os melhores resultados dela, tudo isso demanda que os funcionários sejam mais inteligentes e saibam como a máquina trabalha, e como a fábrica funciona para se obter os melhores resultados. Em resumo, a indústria 4.0 significa ter controle sobre a produção, sobre as máquinas, sobre colaboradores, porque tendo esse controle é possível maximizar a produção e entregar produtos customizados. E para implementar tudo isso, os colaboradores são os pilares principais.

Nessa Empresa, o único princípio que faz sentido para ser analisado e comparado com as competências é a virtualização. Esse princípio permite a rastreabilidade e monitoramento

remoto de todos os processos por meio de inúmeros sensores espalhados ao longo da planta da empresa.

Entretanto, para que esses processos possam ser corretamente rastreados e monitorados é importante o desenvolvimento de algumas competências, conforme se verifica a seguir, em que cada uma das competências é analisada, considerando esse princípio. É importante destacar que o gestor da Empresa A estava avaliando os colaboradores da sua empresa, composta por 10 funcionários de diferentes áreas, como digital *tailer*, modelista, costureira, entre outros.

- **Categoria pessoal**

Em relação à essa categoria, o Quadro 30 a seguir apresenta as notas que o Entrevistado A deu em relação à cada uma das competências dessa categoria, bem como uma justificativa. Observou-se que muitas vezes o Entrevistado não direcionava a sua nota para a sua empresa, mas sim, em relação à importância dessa competência de uma forma geral para os princípios da indústria 4.0, bem como as suas tecnologias.

Dessa forma, se observa que a única competência que não é desenvolvida na equipe é a autogestão (Quadro 30). Todas as outras competências receberam notas elevadas, mostrando que em termos de categoria pessoal, em tese, a empresa A está bem desenvolvida para o princípio da virtualização.

Quadro 30 – Competências da categoria pessoal: Empresa A

Competências	Nota	Justificativa
Criatividade	5	A equipe do entrevistado A pode ser dita criativa, pelo fato de conseguir usar os recursos que possuem das mais diversas formas para solução de um problema. Com as ferramentas que ela possui, consegue resolver qualquer problema de maneira criativa, fazendo diferentes combinações com os recursos que possui.
Flexibilidade	4	Os funcionários da Empresa A são flexíveis, pelo fato deles estarem dispostos a experimentar processos diferentes, aprender coisas diferentes para melhorar seus processos de trabalho. Além disso, eles sempre aceitam, mesmo que ainda desconfiados, a implementação de algo novo e conseguem aprender que o algo novo auxilia no processo de trabalho deles.
Motivação para aprender	4	A equipe do Entrevistado A é motivada a aprender, pois isso pode ser visto no exemplo a seguir. Foi a primeira vez que eles foram fazer um produto super customizado que tinha que ser entregue em 1h. A idéia era do Entrevistado A, as ferramentas ele conhecia e se reuniu com a modelista e a costureira para apresentar a idéia. Ele teve que mostrar uma nova forma que a modelista e a costureira teria que trabalhar, como a utilização de máquina de corte a laser. Era algo que todos estavam desconfiados de utilizar e tinham dúvidas se iria cortar tão rápido para entregar a peça em 1h. Embora a equipe do Entrevistado A estivesse totalmente desconfortável em fazer isso, por ser algo novo e nunca haviam tentado fazer em um tempo muito curto, elas prestaram muita atenção, sentaram e estudaram uma forma de fazer isso possível e trouxeram para o Entrevistado A uma proposta de melhoria. Sendo assim, nesse sentido, em

Competências	Nota	Justificativa
		situações dessa forma, a equipe do Entrevistado A sempre se apresenta motivada a aprender.
Competência para trabalhar em situações de estresse	5	Os funcionários do Entrevistado A lida bem com situações de estresse, porque a maior parte do trabalho é feito sob estresse, demandas grandes, propostas totalmente novas e para serem feitas em curto espaço de tempo. Além disso, a virtualização reduz o trabalho sob estresse, porque ela permite uma visualização do resultado a qual se pretende chegar em tempo real, apresenta possíveis erros que podem acontecer e se torna uma aliada em situações de estresse, o que torna a equipe mais assertiva, reduzindo risco de erros, o que diminui o estressa da equipe.
Autogestão	0	Os funcionários da Empresa A não possuem autogestão para implementação das tecnologias da indústria 4.0, pois o líder da empresa precisa estar sempre junto deles para implementação das ideias. Eles geralmente fazem do jeito que estão acostumados e, por essa razão, existe a necessidade do líder estar junto dentro dos processos.
Visualização	5	Os funcionários do Entrevistado A possui visualização, pois eles conseguem visualizar até onde é o papel deles individualmente e até onde é o papel do colega, e como é importante que a parte dele esteja bem-feita, de modo que o próximo a executar a tarefa consiga continuar o processo de desenvolvimento. Além disso, eles percebem mais as suas responsabilidades do seu papel como membro do time, porque se um tiver errado atrapalha o outro, influenciando no resultado final.
Pensamento crítico	5	A equipe do Entrevistado A possui pensamento crítico, pois ela consegue ser mais preditiva através das tecnologias da indústria 4.0, o que ajuda a desenvolver um pensamento crítico, não só no processo de desenvolvimento de produto, mas em relação aos trabalhos dos colaboradores. Como a maior parte deles são especialistas em cada assunto, o pensamento crítico está presente nas discussões. O Entrevistado A, que é o líder da empresa, é responsável pelas ideias fora da caixa e os funcionários já estão acostumados com isso, cabendo a eles fazer observações críticas sobre essas ideias.
Colaboração	5	A equipe da Empresa A possui a competência de colaboração, pois ela vive em um ambiente bastante colaborativo, pois já faz parte dessa indústria no que se refere ao desenvolvimento de produto. Como nessa indústria existem sempre produtos diferentes, sempre acontece de se ter um problema técnico de algum produto que a costureira observou, e se não for um problema tão fácil de resolver, tem que levar para a modelista, se reunir com quem fez o corte, com a pessoa que costurou e a pessoa que teve a ideia.
Escuta ativa	5	Observou-se que a equipe do Entrevistado A possui escuta ativa, pois os membros dessa equipe conseguem compreender uns aos outros, principalmente as pessoas extremamente criativas. Quando se fala em desenvolvimento de roupa, precisa ter criatividade para encontrar o melhor tipo costura e a melhor forma de construção. Para entender o que essa pessoa extremamente criativa está querendo dizer, o resto do time precisa ter essa habilidade de escutar ativamente, para que possa comunicar se é possível transferir a ideia para o mundo físico ou senão dar o *feedback* dizendo que entendeu o que a pessoa quis dizer, mas fisicamente não seria possível e, pode-se notar que a equipe da Empresa A possui essa competência.

Fonte: pesquisa de campo.

No entanto, o que se observou na fala do Entrevistado A, é que muitas vezes, os exemplos fornecidos não eram direcionados para as tecnologias da Indústria 4.0 e para o princípio da virtualização. Isso mostra que, apesar de a Empresa A já ter nascido no contexto da indústria 4.0, essa nova filosofia ainda não está integrada dentro do contexto das pessoas que fazem parte da organização. Embora os profissionais da empresa possuam competências pessoais bem avaliadas, elas não estão diretamente direcionadas para o princípio da

virtualização, embora contribuam para a adoção das diferentes tecnologias citadas no Quadro 28. Esse é o caso, por exemplo da “Motivação para aprender”. Como as tecnologias da indústria 4.0 requerem uma grande motivação para aprender, e pelo fato de os funcionários estarem abertos para isso, tal fato auxilia no desenvolvimento e implementação de novas tecnologias, alcançando essa nova filosofia de gestão, a partir de seus princípios. Um exemplo se refere à colaboração, que ele falou a respeito do espírito colaborativo da equipe, de modo que os especialistas se reúnem constantemente em caso de algum problema acontecer no intuito de resolvê-lo em equipe.

Dessa forma, percebe-se que as competências da categoria pessoal estão, em tese, auxiliando na virtualização da empresa. Outro exemplo é refletido pela criatividade, pois permite que se encontre uma solução criativa para um problema usual que possa ter surgido em um processo, de modo que se utilize os recursos das mais diversas formas para solução desse problema. Entretanto, isso exige flexibilidade e pensamento crítico por parte dos colaboradores para testar diferentes soluções. Além disso, a virtualização reduz o trabalho sob estresse, pois permite que a equipe visualize o resultado que se pretende chegar, minimizando possíveis erros e se tornando assertivo, o que diminui o estresse da equipe. E, consequentemente, pelo fato de se conseguir ser mais preditivo, a equipe desenvolve o pensamento crítico não só no processo de desenvolvimento de produto, mas em relação aos trabalhos dos colaboradores.

- **Categoria social**

No Quadro 31 podem ser observadas as competências da categoria pessoal que foram analisadas em relação ao princípio da virtualização. Conforme pode ser observado nas justificativas atribuídas pelo Entrevistado A, nem sempre a avaliação era feita diretamente para as tecnologias da indústria 4.0 que levam à virtualização. No entanto, entendeu-se que essas competências eram importantes para essa empresa que já nasceu dentro desse novo contexto.

Por exemplo, a negociação é tratada como uma competência para vender sua ideia para a equipe e a equipe do entrevistado possui essa característica. A gestão de pessoas também seguiu esse mesmo sentido. A equipe da empresa é composta por pessoas com perfil de especialistas e percebeu-se que eles têm a capacidade para gerir pessoas no contexto da indústria 4.0. No entanto, quando se compara com os resultados da categoria pessoal, o entrevistado informou que seus funcionários não possuem a capacidade de autogestão. No entanto, os líderes auxiliam nesse processo para a implementação das ideias.

Quadro 31 – Competências da categoria social: Empresa A

Competências	**Nota**	**Justificativa**
Capacidade de liderar	5	A equipe do Entrevistado A possui capacidade de liderança, pois cada membro dessa equipe consegue ser líder dentro do seu setor, tendo um senso crítico e contribuindo para a melhoria dos processos. Além disso, cada membro da equipe consegue lidar com a virtualização, tomando decisões e integrando ferramentas novas virtuais dentro de um processo para chegar em um resultado, além de terem autonomia para buscar o conhecimento para utilizar determinadas ferramentas.
Trabalho em equipe	5	A equipe do Entrevistado A sabe trabalhar em conjunto, pois através de PLM (*Product Lifecycle Management* – Gerenciamento de ciclo de vida de um produto) é possível reunir atividades que precisam ser feitas em relação ao desenvolvimento de um produto para gerir projetos. No caso da Empresa A, funciona da seguinte forma: um designer teve uma ideia criativa do que ele quer, insere no sistema os desenhos, em seguida outro profissional, um digital *tailer* consegue transformar as ideias em 3D, em computação gráfica. Depois, o designer vê, avalia, aprova e depois redireciona para a modelista. Em seguida a modelista utiliza o trabalho da digital *tailer*, transforma aquilo em tecnicamente viável, depois a modelista finaliza, envia para o costureiro fazer a prototipagem e da prototipagem vai para produção para fabricar a peça e depois vai para uma avaliação geral. Sendo assim, com o uso da tecnologia é possível fazer com que cada um consiga enxergar qual a sua importância dentro do processo e a importância do outro também, possibilitando o trabalho em equipe.
Orientação a serviços	5	È possível notar através da entrevista que os funcionários da Empresa A possuem a competência de orientação a serviços, pois o principal pilar da empresa é o consumidor em primeiro lugar, por isso eles desenvolvem produtos customizados. O consumidor é o centro da atenção de todos os colaboradores, não importa qual seja o serviço, porque está na raiz da empresa a orientação ao cliente, desde sua criação.
Comunicação efetiva	4	No que se refere à comunicação efetiva a Empresa A possui essa competência, pois devido ao fato da empresa possuir o princípio da virtualização, isso permite saber informações sobre os processos e, com isso, determinar tarefas para os colaboradores. Com isso, todo mundo passa a visualizar em que etapa está o projeto e de quem depende cada etapa, permitindo uma comunicação bem mais rápida. Entretanto, essa comunicação efetiva é obtida por meio da utilização de ferramentas para gerir os projetos, através de PLM.
Inteligência emocional	5	No que se refere a inteligência emocional, a equipe do Entrevistado A possui essa competência, pois a equipe evita desgastes emocionais por meio da virtualização. Por exemplo, no time de design e modelagem sempre ocorrem conflitos, pois um quer fazer uma coisa impossível e o outro mostra que não é possível, o que acaba durante o tempo criando atrito e deixando os colaboradores estressados. Entretanto, quando a empresa passou a trabalhar com a virtualização, no momento que o design estava criando, ele conseguia ver um pouco do trabalho da modelista, e conseguia perceber que alguma coisa não ia dar certo e já podia antever o que iria acontecer e tomar uma decisão antecipadamente, evitando desgastes. Além disso, a Empresa A tem uma cultura de liberdade de expressão e opinião que acaba gerando um equilíbrio emocional.
Negociação	4	Os colaboradores da Empresa A possuem competência de negociação, pois eles entendem o que estão fazendo e podem ver situações que o líder que toma decisões não consegue enxergar, porque não está vivenciando o dia a dia e isso, de certa forma, gera uma habilidade de negociação para propor ideias, apresentar projetos e defender o que estão falando, vendendo sua ideia para o restante da equipe.
Gestão de pessoas	4	Os colaboradores da Empresa A possuem competência em gestão de pessoas, pelo fato de conseguirem se reunir em grupo para resolver problemas e pelo fato de trabalharem em conjunto para solução de um problema.
Persuasão	3	No que se refere à competência de persuasão, é possível notar que a equipe do Entrevistado A ainda precisa desenvolvê-la. Entretanto, alguns exemplos mostram que estão em processo de desenvolvimento. Por exemplo, tinha um capuz que precisava ser feito e uma das pessoas da costura apresentou uma forma, um design diferente com esse capuz que funcionava melhor do que a proposta inicial e convenceu todo mundo de que aquela forma de fazer a costura funcionaria melhor. Outro exemplo que pode ser citado que foi quando a equipe tinha que fazer um produto inflável que ninguém

Competên-cias	Nota	Justificativa
		entendia muito bem como poderia ser, mas um colaborador apresentou diversas formas diferentes de construção para convencer a equipe a fazer de uma dessas formas.

Fonte: pesquisa de campo.

No que se refere à competência de trabalho em equipe, o Entrevistado A apresentou que por meio do PLM (*Product Lifecycle Management* - Gerenciamento de Ciclo de Vida de um Produto), que é um sistema de gestão da produção, é possível que cada colaborador consiga enxergar qual a sua importância dentro do processo e qual a importância do outro, o que permite uma comunicação efetiva. Tudo isso se conecta com a virtualização, pois ela permite o monitoramento de qualquer processo físico e, com isso é possível saber informações sobre os processos e determinar tarefas para os colaboradores.

Além disso, a virtualização contribui também para o desenvolvimento da inteligência emocional dos funcionários, pois é possível visualizar todo o trabalho dos especialistas e antever o que vai acontecer de modo a tomar uma decisão antecipadamente, evitando desgastes emocionais, e isso a Empresa A apresentou bons argumentos.

No que se refere à capacidade de liderar, a equipe do Entrevistado A detém essa competência, tendo em vista que consegue tomar decisões e tem autonomia para buscar conhecimento sobre ferramentas novas virtuais dentro de um processo para chegar a um resultado, de modo a auxiliar na virtualização da empresa.

Apesar da equipe do Entrevistado A ter recebido uma nota alta na competência de negociação, nota-se que a capacidade de persuasão dela não é tão elevada, devido ao fato da equipe ser composta por pessoas técnicas, especializadas em sua área de atuação.

Portanto, percebe-se que as competências sociais estão auxiliando, em tese, na virtualização da empresa, tendo em vista que foram dadas notas elevadas para elas, o que significa que os colaboradores possuem competências para implementação das tecnologias 4.0.

- Categoria metodológica

No Quadro 32 podem ser observadas as notas das competências da categoria metodológica atribuídas pelo Entrevistado A, bem como uma justificativa. Observou-se que muitas vezes o Entrevistado não direcionava sua nota para a sua empresa, mas sim, em relação a importância da competência de uma forma geral para os princípios da indústria 4.0, bem como as suas tecnologias. Dessa forma, se observa que a única competência que não é desenvolvida na equipe é a competência interdisciplinar.

Quadro 32 – Competências da categoria metodológica: Empresa A

Competências	Nota	Justificativa
Capacidade de resolver problemas	4	Os colaboradores da Empresa A possuem a capacidade de resolver problemas técnicos e pontuais, dentro das especialidades da área deles, detalhes do setor deles, mas não de uma forma mais macro, pois eles ficam responsáveis por melhorar os processos, algo mais micro e operacional, enquanto que o líder da equipe fica responsável por encontrar soluções e tecnologias viáveis, chamar especialistas que serão envolvidos no projeto para um reunião para eles passarem a visão de mundo deles e junto com eles, o líder encontra a melhor forma de trabalho
Resolução de conflitos	4	A equipe do Entrevistado A possui a competência de resolução de conflitos, pois o dono da Empresa A trata os colaboradores como parte essencial do negócio e isso acaba evitando muitos conflitos. Além disso, na Empresa A, quando se quer tomar uma decisão importante, ir por um caminho específico, é realizada uma reunião geral para ouvir todo mundo e todos compartilham ideias uns com os outros, de modo que todos são escutados, e isso faz com que as pessoas se sintam parte do negócio, diminuindo assim muitos conflitos.
Competências analíticas	4	Os colaboradores da Empresa A possuem competências analíticas, pois eles são pessoas muito técnicas, que tem a habilidade técnica de mão na massa e fazem constantemente observações mais analíticas.
Competências de pesquisa	4	Os colaboradores da Empresa A possuem competências de pesquisa, pois eles conseguem buscar possíveis novas soluções e chegar a um resultado positivo. Um exemplo que pode ser citado é o seguinte: eles tinham um desafio com um capuz e peças infláveis e o time de costura e modelagem se propuseram a encontrar formas de fazer aquilo se tornar viável, buscando novas formas de processo e costura. Sendo assim, o time busca novas formas de costura, qual é o melhor tipo de costura para determinado produto e mesmo que não encontre dentro do conhecimento que eles possuem, eles vão pesquisar dentro do mundo deles.
Capacidade de tomar decisões	5	A equipe do Entrevistado A possui capacidade de tomar decisões, pois os colaboradores que compõem essa equipe são líderes e tem liberdade na tomada de decisões, então eles acabam tomando decisões sozinhos, além do auxílio da virtualização que permite segurança na tomada de decisão.
Competência interdisciplinar	0	Essa competência não está desenvolvida na equipe do Entrevistado A. Apenas o Entrevistado A é quem possui essa competência desenvolvida.

Fonte: pesquisa de campo.

As notas dadas para categoria metodológica foram elevadas, com exceção da competência interdisciplinar. É importante destacar que a equipe do Entrevistado A possui capacidade de tomar decisões e a virtualização contribui para isso, pois é possível simular algo antes de colocar em prática e, consequentemente, acaba desenvolvendo a capacidade de resolver problemas. Entretanto, a resolução de problemas da equipe está mais limitada a nível micro, mais técnico, operacional, como por exemplo a melhoria de processos.

No que se refere à resolução de conflitos, a equipe do Entrevistado possui essa competência, tendo em vista que possui uma elevada escuta ativa, que foi mencionada na categoria pessoal, o que contribui para que os conflitos sejam resolvidos mais facilmente, além do fato do fundador da Empresa despertar nos colaboradores a visão de dono, fazendo com que eles se sintam parte do negócio.

E, por fim, no que se refere à competência de pesquisa, os colaboradores a possuem de maneira bem desenvolvida, devido ao fato de se tratar de uma Empresa que produz produtos

customizados, o que exige que eles estejam sempre em busca de novas soluções para diferentes problemas. O Entrevistado citou, por exemplo, o fato do time de costura e modelagem se reunirem para encontrar formas de tornar um produto customizado viável, buscando novas formas de processo e o melhor tipo de costura para um problema existente. Isso exige que eles estejam constantemente motivados a aprender para que pesquisem materiais diferenciados para atender a pedidos diferenciados.

- Categoria técnica

No Quadro 33 podem ser observadas as competências da categoria técnica que foram analisadas em relação ao princípio da virtualização. Conforme pode ser observado nas justificativas atribuídas pelo Entrevistado A, nem sempre a avaliação era feita diretamente para as tecnologias da indústria 4.0 que levam à virtualização. No entanto, entendeu-se que essas competências eram importantes para essa empresa que já nasceu dentro desse novo contexto.

É possível notar que várias das competências técnicas requeridas pela indústria 4.0 não estão desenvolvidas na equipe do Entrevistado A, como por exemplo, competência em TI, gestão do conhecimento, conhecimento de estatística e análise de dados e interpretação. Apenas restou competência de mídia e controle de qualidade que possuem notas elevadas, o que mostra que a Empresa A, em tese, não está bem desenvolvida para o princípio da virtualização, em termos da categoria técnica.

Quadro 33 – Competências da categoria técnica: Empresa A

Competências	**Nota**	**Justificativa**
Competência em TI (tecnologia da informação)	0	A equipe do Entrevistado A não possui competência em TI, porque o serviço de TI da empresa é terceirizado
Competência de mídia	5	Alguns colaboradores da equipe do Entrevistado A possuem competência de mídia, pois alguns setores, como corte e costura, têm mais dificuldade para lidar com tecnologia, onde existem pessoas que possuem menos instruções tecnológicas e muitas vezes não sabem nem ligar um computador. Enquanto isso, em outros setores como modelagem e estilo, as pessoas são bem mais preparadas e são habituadas a lidar com tecnologias digitais, pois estão preparadas para utilizar as mídias para apresentar opções, conseguir entender quais que podem gerar mais resultados e assim ser mais inteligentes e produzir de forma mais inteligente.
Controle de qualidade	5	No que se refere à competência de controle de qualidade, os colaboradores da equipe do Entrevistado A possuem essa competência bem aflorada, tendo em vista que entregar um produto com maior qualidade é um dos princípios da Empresa. Sendo assim, todos os funcionários são extremamente preocupados com a qualidade. Portanto, eles sempre buscam entregar produtos muito bem feitos, com uma costura que faz o produto durar mais, escolhendo o tecido com melhor qualidade de maior durabilidade e isso faz parte da cultura da empresa.
Gestão do conhecimento	0	A equipe do Entrevistado A não possui a competência de gestão do conhecimento, pois é uma competência desenvolvida apenas no Entrevistado A. Além disso, a

Competências	Nota	Justificativa
		Empresa A não possui nenhum sistema ou *software* para gerir o conhecimento dos colaboradores.
Conhecimento de estatística	0	A equipe do Entrevistado A não possui a competência de conhecimento de estatística, pois é uma competência desenvolvida apenas no Entrevistado A.
Análise de dados e interpretação	0	A equipe do Entrevistado A não possui a competência de conhecimento de estatística, pois é uma competência desenvolvida apenas no Entrevistado A.

Fonte: pesquisa de campo.

É possível notar no Quadro 33 que a equipe do entrevistado da Empresa A não possui as competências técnicas bem desenvolvidas, pois boa parte delas se faz presente no líder da empresa apenas. Entretanto, no que se refere à competência de controle de qualidade, a Empresa A apresenta uma nota alta, pelo fato de entregar produtos customizados que exigem cuidado na escolha do tecido e da costura, sempre buscando escolhê-los com a melhor qualidade e durabilidade.

No caso da competência de mídia, o Entrevistado fala que os setores de modelagem e estilo são mais preparados para lidar com as tecnologias digitais, enquanto que os setores de corte e costura, por exemplo, não possuem essa competência, pois as pessoas não têm habilidades digitais. Isso mostra que esses últimos setores citados não tem as competências necessárias para a adoção do princípio da virtualização.

Logo, de modo geral, as notas atribuídas para as competências técnicas não estão auxiliando no princípio da virtualização e precisam ser melhores desenvolvidas.

Apesar das notas atribuídas às categorias das competências terem sido elevadas, a empresa A não possui nenhum compromisso com o desenvolvimento dos funcionários, pois ela espera que eles já venham trabalhar na empresa com as principais competências pessoais, sociais, metodológicas e técnicas desenvolvidas. Essas competências serão necessárias para trabalhar com propostas de trabalho inovadoras, que exigem transformar o impossível em possível, com a criação de produtos customizados e diferentes a cada nova proposta. De acordo com o fundador da empresa A, o esforço para tentar atualizar as pessoas com relação ao comportamento no trabalho é muito grande e frustrante, pois muitas vezes os colaboradores já trabalham há muito tempo dentro de um processo e não é todo mundo que quer fazer essa transformação.

Na Figura 14 pode ser observado como a Empresa A está em direção aos princípios da indústria 4.0 (nesse caso, apenas de virtualização), considerando as suas competências pessoais, sociais, metodológicas e técnicas.

Figura 14 – Avaliação dos especialistas *versus* Empresa A

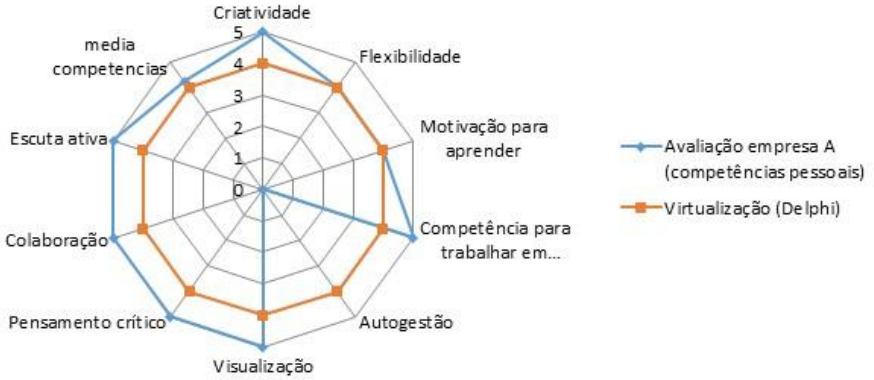


Figura 14 a. Categoria pessoal: Empresa A

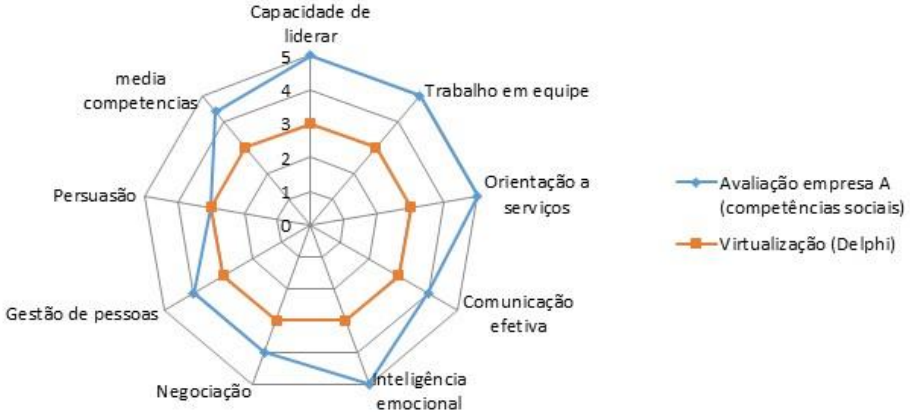


Figura 14 b. Categoria social: Empresa A

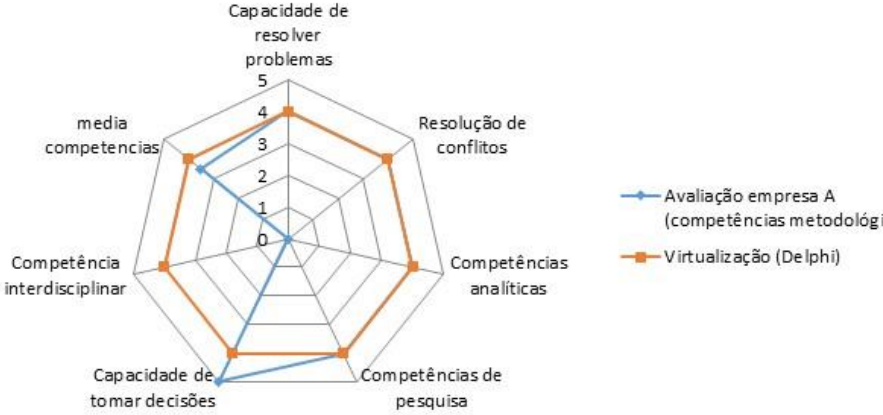


Figura 14 c. Categoria metodológica: Empresa A

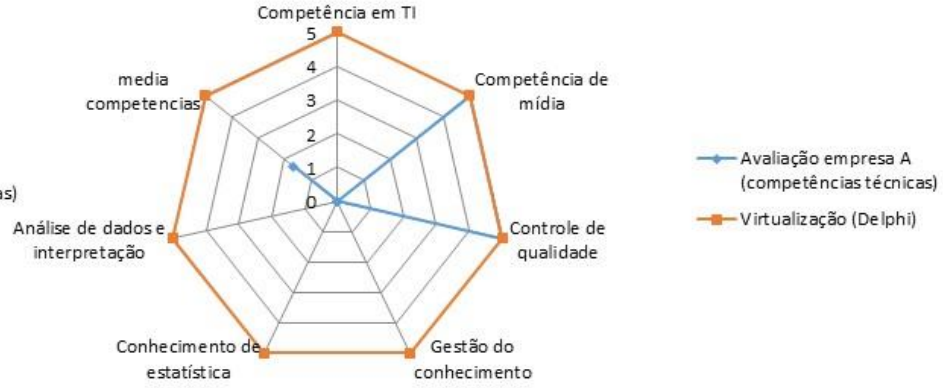


Figura 14d. Categoria técnica: Empresa A

Na Figura 14 percebe-se que as únicas categorias de competências que estão no caminho do princípio da virtualização, na Empresa A, são as pessoais e sociais, tendo em vista que a média das notas das competências dessas categorias está acima da nota de importância atribuída pelos especialistas do Delphi para a virtualização. Enquanto isso, as competências das categorias metodológicas e técnicas precisam ser melhor desenvolvidas, pelo fato de que muitas dessas competências estão presentes apenas no fundador da empresa, como por exemplo, análise de dados e interpretação, conhecimento de estatística, gestão do conhecimento e competência interdisciplinar.

Além disso, é possível notar que a categoria técnica possui mais relevância para o princípio da virtualização, segundo os especialistas do Delphi, seguido das categorias metodológica e pessoal e, por último, a social. Entretanto, a Empresa A ainda precisa desenvolver as competências técnicas voltadas para a indústria 4.0, apesar dos colaboradores serem especialistas e técnicos em suas áreas de atuação. No que se refere às competências pessoais e sociais, a equipe do Entrevistado A apresenta notas elevadas que se destacam se comparadas às outras competências, mostrando que em termos de categoria pessoal e social a Empresa A está bem desenvolvida.

5.2.1.2 Empresa B

No que se refere a relação das competências profissionais com os princípios da indústria 4.0, o Entrevistado B informou que:

> A gente precisa dessas competências profissionais até para o desenvolvimento da indústria 4.0. Antigamente, precisava-se de um operador manual, mas hoje já é necessário um profissional com uma visão holística e muito mais ampla. As tecnologias por si só não resolvem todos os problemas, pois é preciso ter pessoas preparadas para saber manusear essas tecnologias para resolver os problemas. A gente usa muito a questão do tripé: eu tenho a tecnologia, mas eu preciso ter processos bem alinhados e pessoas. É difícil ter somente um desses três e resolver tudo isso. A indústria 4.0 não é sobre colocar a máquina no lugar, apertar um botão e tudo vai funcionar automaticamente. Não é assim que funciona. É preciso ter processos bem analisados, melhorando continuamente, assim como pessoas com mais capacidade para gerir tudo isso.

Nessa Empresa, os princípios que fazem sentido serem analisados e comparados com as competências são a interoperabilidade, virtualização, capacidade de operação em tempo real e padronização. Esses princípios permitem a conexão entre máquinas, a rastreabilidade e monitoramento remoto de todos os processos por meio de sensores e o acompanhamento deles ou de qualquer tipo de problema por meio de um *smartphone*, por exemplo. Entretanto, para

que tudo isso aconteça é importante o desenvolvimento das competências adequadas, para a correta utilização dos equipamentos e, consequentemente, para a adoção dos princípios. A seguir é feita uma análise dessas competências relacionando com os princípios que fazem sentido para a Empresa B. Convém destacar que o Entrevistado B muitas vezes não direcionava a avaliação apenas para sua empresa, mas também em relação à importância da competência de uma forma geral para os princípios da indústria 4.0, bem como as suas tecnologias. Além disso, é importante destacar que o gestor entrevistado da Empresa B estava avaliando mais os colaboradores da área de marketing e vendas, pois ele é diretor executivo dessa área.

- Categoria pessoal

Em relação à essa categoria, o Quadro 34 apresenta as notas que o Entrevistado B atribuiu em relação à cada uma das competências dessa categoria, bem como uma justificativa. Observou-se novamente que o Entrevistado não direcionava apenas a sua nota para sua empresa, mas também em relação à importância da competência de uma forma geral para os princípios da indústria 4.0, bem como as suas tecnologias. Dessa forma, é possível notar que a Empresa B tem pontos a desenvolver em competências como autogestão, visualização e escuta ativa, no que tange os princípios da interoperabilidade, virtualização, capacidade de operação em tempo real e padronização

Quadro 34 - Competências da categoria pessoal: Empresa B

Competências	**Nota**	**Justificativa**
Criatividade	5	A equipe do Entrevistado B possui a competência de criatividade, pois ela usou a criatividade para desenvolver uma coleção reduzindo mais de 30% de custo em uma construção da forma física para a forma digital. Por essa razão, a equipe do Entrevistado B tem muita criatividade para entender o processo do cliente e propor diversas melhorias, mostrando esses ganhos, utilizando ferramentas 4.0. Além disso, é muito importante a criatividade na equipe para transformar processos que eram tradicionais por séculos em processos mais digitais, com ganhos de processos, ganhos na redução de consumo de matéria prima, se tornando mais sustentáveis.
Flexibilidade	4	Os colaboradores da equipe do Entrevistado B possuem a competência da flexibilidade, pois eles têm que estar se adaptando para diferentes setores constantemente, para cada tipo de produção diferente, como por exemplo trabalhar com o setor de lingerie, de moda luxo e fazer com que as tecnologias consigam agregar valor para cada um desses segmentos, pois o processo todo não se encaixa exatamente igual para todos.
Motivação para aprender	4	A equipe do Entrevistado B possui a competência de motivação para aprender, pois está sempre buscando crescer e aprender por meio do uso de ferramentas como *power* BI, *big data* para obter informações que vão dizer como está o negócio e o que precisa ser feito no mercado para evoluir, como a empresa pode crescer. Isso é feito usando muita inteligência artificial, *power* BI para fazer cruzamento de *big data* para obter essas informações. Tudo isso é feito por meio da motivação para aprender da equipe.
Competência para trabalhar	4	A equipe do Entrevistado B possui competência para trabalhar em situações de estresse, pois eles possuem grandes desafios e conseguem lidar com ele

Competências	Nota	Justificativa
em situações de estresse		tranquilamente. Por exemplo, a Empresa B vem crescendo tanto no Brasil, quanto na América Latina e na Itália. Durante esse período de crescimento houve muito estresse para estruturar uma planta de produção, instalação de máquinas para a indústria 4.0 na Itália, descobrimento de novos mercados e diante desses desafios que geravam muito estressa, a equipe do Entrevistado B obteve êxito.
Autogestão	3	Os colaboradores da equipe do Entrevistado B possuem a competência de autogestão, mas ainda precisa aprimorá-la de forma significativa, apesar da Empresa ter metas muito claras e utilizarem ferramentas de gestão, mas é uma competência a ser melhor desenvolvida.
Visualização	3	A visualização é uma competência que não é tão desenvolvida na equipe do Entrevistado B, pois é uma característica que precisa ser melhorada cada vez mais.
Pensamento crítico	4	No que se refere à competência de pensamento crítico, a equipe do Entrevistado B a possui de maneira significativa, tendo em vista que ela tem abertura e liberdade para pensar criticamente e questionar processos e informações que podem não fazer sentido, além de poder trazer ideias e sugestões do que está vindo do mercado.
Colaboração	4	No que se refere à competência de colaboração, os colaboradores da equipe do Entrevistado B a possui, pois eles trabalham em um clima muito aberto para isso, tendo em vista que para o desenvolvimento de um produto desde a sua construção até ir para o mercado existe a necessidade de envolvimento de mais de uma área, o que acaba gerando a necessidade de trabalhar em conjunto, o que acaba desenvolvendo a competência de colaboração.
Escuta ativa	3	A equipe do Entrevistado B ainda precisa melhor desenvolver a competência de escuta ativa, pois apesar de haver uma abertura e comunicação entre os setores, é necessário que os colaboradores passem a prestar mais atenção ao que os outros estão dizendo de outras áreas em prol do sucesso do desenvolvimento de um produto, por exemplo.

Fonte: pesquisa de campo.

O que se observou na fala do Entrevistado B é que a Empresa não teve tantas dificuldades para se inserir no contexto da indústria 4.0, tendo em vista que os seus colaboradores possuem muita criatividade, o que permitiu transformar processos que eram tradicionais por vários anos em processos mais digitais, reduzindo consumo de matéria prima e se tornando mais sustentável. Um exemplo citado por ele é a transformação de uma coleção da forma física para a forma digital, com redução de 30% de custo. Entretanto, para que isso fosse possível foi necessário que os funcionários estivessem motivados a aprender, o que de fato aconteceu, pois eles sempre buscam crescer e evoluir por meio de ferramentas como *Power BI* e tecnologias como *Big Data* para obter informações de como está o negócio e o que é necessário para continuar evoluindo e se adaptando a realidade 4.0.

No que se refere à competência da flexibilidade, a equipe do Entrevistado B a possui, pois ela consegue se adaptar a diferentes segmentos como o setor de *lingerie*, de moda luxo e fazer com que as tecnologias consigam agregar valor para cada um desses segmentos. Por essa razão, essa característica contribui para a adoção dos princípios da capacidade de operação em tempo real e virtualização, pois caso ocorra uma situação de falha em uma máquina, rapidamente os funcionários saberão que decisão tomar para que os processos não parem, devido a flexibilidade. Esse fato influencia positivamente na competência para trabalhar em

situações de estresse e pensamento crítico, que são competências bem avaliadas na equipe, pois é necessário analisar criticamente os dados em tempo real, mesmo diante de uma situação de pressão.

- Categoria social

O Quadro 35 apresenta as competências da categoria social, que foram analisadas na equipe do Entrevistado B e, de modo geral, apresentam notas relativamente altas, mas com alguns pontos de atenção para a capacidade de liderar, inteligência emocional e persuasão, que precisam ser melhores desenvolvidos. No geral, o Entrevistado apresentou a importância dessas competências para a indústria 4.0 e forneceu alguns exemplos de como elas se aplicam no contexto da sua empresa.

Quadro 35 - Competências da categoria social: Empresa B

Competências	**Nota**	**Justificativa**
Capacidade de liderar	3	No que se refere à capacidade de liderar, a equipe do Entrevistado B possui capacidade de liderança, mas que precisa ser melhor desenvolvida. Um exemplo dessa capacidade foi a necessidade da realização do *home office* durante a pandemia do Covid-19. Isso gerou a necessidade da realização de uma gestão à distância, algo totalmente novo e que a equipe se adaptou bem, mantendo o time motivado, apresentando bons resultados.
Trabalho em equipe	4	No caso da competência de trabalho em equipe, os colaboradores da equipe do Entrevistado B apresentam essa competência, pois eles trabalham em equipe visando alcançar o resultado da empresa, pensando no coletivo e não no individual apenas. Isso pode ser visto quando os times de vários setores se juntam para desenvolver um projeto que trará grandes resultados para a Empresa.
Orientação a serviços	5	Os colaboradores da equipe do Entrevistado B apresentam a competência de orientação a serviços, pois a Empresa B trabalha no modelo SaaS (*software as a service*), de estar voltado para o *software*, de ter uma assistência técnica rápida. No modelo SaaS, o sistema não é comercializado como um produto, mas sim como serviço. A solução SaaS atende aos mais variados objetivos, desde uma simples utilização como um e-mail pessoal até a possibilidade de gerir as operações de uma empresa, como os sistemas ERP (que permite a gestão integrada) e CRM (voltado para a gestão dos clientes). Por essas razões, a equipe do Entrevistado B possui competência de orientação a serviços.
Comunicação efetiva	4	No que se refere à competência de comunicação efetiva, os colaboradores da equipe do Entrevistado B a possuem, pois a Empresa possui uma comunicação tanto interna quanto com o cliente muito boa, tendo em vista que o NPS (*Net Promoter Score*) é elevado, entre 9 e 10.
Inteligência emocional	3	A equipe do Entrevistado B possui inteligência emocional, mas ainda precisa ser melhor desenvolvida. O time possui essa competência, pois quando o cliente entra em contato é porque ele tem um problema, mas é preciso calma para resolver a situação sem stress, pois já existe um stress do próprio cliente e, por isso, é importante manter esse equilíbrio na resolução de problema, e o time funciona bem nesse processo.
Negociação	4	No que se refere à negociação, o Entrevistado B relatou que tratar de algo novo como é o tema indústria 4.0, *software* no modelo SaaS, que não é algo tradicional no mercado, tudo isso necessita da competência de negociação para apresentar os benefícios disso tudo, e a equipe dele apresenta essa competência.
Gestão de pessoas	4	O Entrevistado B relatou que os colaboradores da sua equipe possuem a competência de gestão de pessoas, pois eles possuem equipes grandes, de pré-vendas, vendas internas, vendas externas, mercado internacional e, além disso, tem pessoas que vem trabalhando bastante nessa

		questão para manter um time de alta performance. Entretanto, ele acredita que ainda precisam melhorar essa capacidade.
Persuasão	3	No que se refere à persuasão, os colaboradores da equipe do Entrevistado B possuem essa competência, eles possuem o domínio dos dados para poder persuadir os clientes. A persuasão nesse caso é considerada no sentido positivo, de mostrar a qualidade dos produtos, de criar uma boa imagem. Entretanto, o Entrevistado B afirmou que ainda precisam desenvolver melhor essa competência.

Fonte: pesquisa de campo.

Percebe-se que através do trabalho em equipe bem desenvolvido, que é o que se pode notar na Empresa B, é possível desenvolver uma boa comunicação efetiva. O Entrevistado B apresenta que a sua equipe trabalha em prol dos objetivos da empresa, e os colocam acima dos objetivos individuais, trabalhando sempre com diferentes setores. Isso faz com que se desenvolva uma excelente comunicação efetiva tanto interna quanto externa, no relacionamento com o cliente, fazendo com que se obtenha um NPS (*Net Promoter Score*) elevado e de excelência. O NPS é uma metodologia que verifica a satisfação do cliente e o grau de fidelidade com relação a uma empresa específica.

No que se refere à orientação a serviços, a Empresa B trabalha no modelo SaaS (*Software as a service*), ou seja, uma forma de disponibilizar *softwares* e soluções de tecnologia por meio da internet como um serviço. No caso dessa empresa seria a utilização de um CRM (*Customer Relationship Management*), que auxilia no gerenciamento e análise das interações com clientes, antecipa necessidades e desejos, otimiza a rentabilidade, aumenta as vendas e personaliza campanhas de captação de novos clientes. Relacionando isso com as tecnologias da indústria 4.0, é possível ter uma inteligência artificial integrada aos CRMs, identificando a melhor forma de atender a cada público com um bom nível de exatidão, baseado nos dados analisados dos clientes. Sendo assim, no marketing, por exemplo, o alcance de campanhas e o nível de envolvimento de cada cliente com a empresa pode ser mapeado para que se tomem decisões assertivas. Portanto, no caso da competência de orientação a serviços a Empresa B apresenta uma excelente avaliação.

Quanto à gestão de pessoas e capacidade de liderar, que são competências intrinsecamente relacionadas, o Entrevistado B considera como sendo importante, mas vê que a sua equipe precisa melhor desenvolvê-las. Essa necessidade está mais acentuada durante o período de pandemia, que é preciso que as pessoas realizem o seu trabalho em casa (*home office*) e, por essa razão, a necessidade de liderar se faz mais presente para que se possa obter bons resultados.

- Categoria metodológica

O Quadro 36 apresenta as competências da categoria metodológica, que foram analisadas na equipe do Entrevistado B junto com uma justificativa e, de modo geral, apresentam notas relativamente altas, mas com uma necessidade de melhoria na competência interdisciplinar. No geral, o Entrevistado avaliou que essas competências têm influência alta para os princípios da indústria 4.0 e citou alguns exemplos de como elas são desenvolvidas na equipe.

Quadro 36 - Competências da categoria metodológica: Empresa B

Competências	**Nota**	**Justificativa**
Capacidade de resolver problemas	4	A equipe do Entrevistado B possui a capacidade de resolver problemas, principalmente no que se refere à gestão. Um exemplo disso seria o fato de que para implantar um projeto é comum se ter algum tipo de problema, devido às pessoas, processos, algum tipo de mudança que acontece, algum equipamento que pode ter algum tipo de problema e a equipe do Entrevistado B está preparada para resolvê-los.
Resolução de conflitos	4	No que se refere a resolução de conflitos, os colaboradores da equipe do Entrevistado B apresentam a competência de resolução de conflitos, porque eles buscam realizar mudanças na Empresa apresentando números e dados de que um processo novo, uma tecnologia nova pode ser o melhor caminho, mostrando os ganhos de tempo e economia de dinheiro e influenciando outras pessoas dentro da própria empresa a gerar mudança. Sendo assim, isso diminui consideravelmente os conflitos que poderiam existir por causa das mudanças.
Competências analíticas	4	As competências analíticas estão desenvolvidas nos colaboradores da equipe do Entrevistado B, pelo fato deles trabalharem muito com dados, analisando muitos os dados, utilizando *Power* BI, utilizando a ferramenta TUP (Taxa de utilização do produto) e TOB (Taxa de ocupação da base). Isso contribui para que se possa direcionar melhor tanto o cliente quanto a equipe para novos negócios.
Competências de pesquisa	5	As competências de pesquisa estão bem desenvolvidas nos colaboradores da equipe do Entrevistado B, pois eles estão sempre buscando, pesquisando, desenvolvendo novos produtos, pesquisando sobre mercado, concorrente e processos. A Empresa B investe significativamente em Pesquisa e Desenvolvimento, pois pesquisa sempre foi algo muito presente dentro da Empresa, uma área muito bem orientada e de grande valor.
Capacidade de tomar decisões	4	A equipe do Entrevistado B possui a capacidade de tomar decisões, pois na Empresa B é dado esse tipo de liberdade tanto para a equipe interna, quanto para a equipe externa, em diferentes situações, gerando autonomia para uma negociação com o cliente.
Competência interdisciplinar	3	No que se refere à competência interdisciplinar, a equipe do Entrevistado B a possui, pois existe uma boa relação entre as diferentes áreas, porque isso faz com que todo mundo consiga ter uma visão mais ampla de todas as áreas, pensando em termos de cliente e internamente trabalhando de forma mais conjunta, através de comitês da parte de máquinas, do mercado internacional, de novos produtos. Além disso, existem várias equipes juntas que se reúnem por um período de tempo para discutir sobre diversos assuntos para avaliar os processos e trazer novas ideias com equipes de diferentes áreas. Entretanto, apesar disso tudo, a competência interdisciplinar ainda precisa ser bastante desenvolvida na equipe do Entrevistado B.

Fonte: pesquisa de campo.

A capacidade de resolver problemas e de tomar decisões estão, de certa forma, relacionadas e contribuem para todos os princípios, interoperabilidade, virtualização,

capacidade de operação em tempo real e padronização. É importante desenvolver essas competências, pois caso a comunicação entre máquinas esteja tendo interferência devido a uma falta de padronização ou caso ocorra uma falha em máquinas durante o processo de fabricação de um produto, é importante ter essas competências bem desenvolvidas, e a Empresa B as possui.

Além disso, a indústria 4.0 é um conceito que surgiu recentemente e traz consigo tecnologias novas, nunca antes vistas no mercado, e isso afeta significativamente pessoas que estão acostumadas a trabalhar sempre fazendo o mesmo processo, de maneira manual. Por essa razão, transformar processos manuais em digitais gera conflitos dentro das empresas, devido a resistência a mudança de parte dos colaboradores. No caso da Empresa B, isso é resolvido por meio da apresentação de dados e fatos de como é feito o processo, os ganhos de tempo e economia de dinheiro que trará e utilizando mais pessoas dentro da própria empresa para gerar essa mudança e, assim, a competência de resolução de conflitos acaba se desenvolvendo nas pessoas dessa empresa.

Com relação a competência de pesquisa, a Empresa B as possui muito bem desenvolvidas e, para que essa competência traga bons resultados, é preciso ter pensamento crítico e competência analítica para filtrar as informações relevantes e analisar os dados sobre informações como, por exemplo, desenvolvimento de novos produtos, mercado, concorrente, processos, entre outros. No caso dessa Empresa, a competência analítica é desenvolvida através do uso de uma ferramenta chamada *Power BI*, que tem o intuito de coletar, organizar, tratar e fazer cálculos com dados e informações sobre a empresa, para criar indicadores para tomadas de decisões. Isso permite que seja possível monitorar qualquer processo físico dentro de um ambiente de trabalho, permitindo a perfeita conexão e padronização entre as máquinas, favorecendo a implementação das tecnologias da indústria 4.0.

Portanto, a Empresa B apresenta as competências metodológicas bem desenvolvidas, o que implica que ela está, em tese, no caminho dos princípios da indústria 4.0 citados por ela.

- Categoria técnica

O Quadro 37 apresenta as competências da categoria técnica. De modo geral, apresentam notas elevadas, mostrando que as competências técnicas estão bem desenvolvidas. No geral, o Entrevistado apresentou a importância dessas competências para a indústria 4.0 e forneceu alguns exemplos de como elas se aplicam no contexto da sua empresa.

Quadro 37 - Competências da categoria técnica: Empresa B

Competências	Nota	Justificativa
Competência em TI (tecnologia da informação)	4	A competência em TI é uma competência que está desenvolvida na equipe do Entrevistado B, pois ela trabalha muito com essa questão de *software*, tendo muita gestão interna, dados na nuvem. Além disso, a equipe está preparada para isso e vem sempre desenvolvendo com mais segurança novas ferramentas para análise.
Competência de mídia	5	A equipe do Entrevistado B possui a competência de mídia, pois ela vem trabalhando mais no mundo digital, gerando crescimento de mais de 40% na questão de resultados do trabalho digital, em desenvolver novos leads, construindo cada vez mais conteúdo digital.
Controle de qualidade	4	Os colaboradores da equipe do Entrevistado B possuem competência de controle de qualidade, pois o *software* é muito testado antes de ser lançado e em questão de máquina, são feitos investimentos elevados em tecnologias da indústria 4.0, máquinas de corte automático e, por isso, é preciso manter um controle de qualidade alto.
Gestão do conhecimento	4	No que se refere à gestão do conhecimento, a equipe do Entrevistado B possui essa competência, pois a Empresa está se desenvolvendo bastante, sendo líder de mercado e está constantemente gerando patentes. Além disso, o conhecimento não fica retido em uma só pessoa, pois há *softwares* para gerir o conhecimento.
Conhecimento de estatística	4	No caso do conhecimento de estatística, a equipe do Entrevistado B possui essa competência, pois no marketing os resultados precisam ser comparados e isso implica na necessidade de desenvolvimento do conhecimento de estatística. Além disso, a Empresa B tem estatísticas do marketing digital, como por exemplo, tipo de engajamento das pessoas, se elas baixaram algum material, quanto avançou de geração de oportunidades e se faz comparações dia a dia e ver o que atrai mais o cliente em termos de conteúdo relevante.
Análise de dados e interpretação	4	A equipe do Entrevistado B possui a competência de análise de dados e interpretação, pois ela precisa a todo momento analisar a base de clientes da Empresa, como buscar novos clientes, como os processos podem ser melhorados, como gerar mais valor para os clientes, como ganhar market share em outras regiões, como ganha mais mercado internacional e, por essa razão, é necessário a competência de análise de dados e interpretação constantemente e a equipe do Entrevistado B a possui.

Fonte: pesquisa de campo.

A categoria que foi escolhida pelos especialistas do Delphi como sendo a mais importante da indústria 4.0 foi a técnica, e a Empresa B apresenta um desenvolvimento muito elevado com relação às competências dessa categoria.

No caso do conhecimento em estatística, nota-se que a equipe do Entrevistado B possui, no marketing digital, métricas de engajamento das pessoas, verificação se algum *lead* fez o *download* de algum material, o quanto houve de avanço na geração de oportunidades e faz comparações diariamente para ver o que atrai mais o cliente com conteúdo relevante. Essas estatísticas contribuem para o desenvolvimento da competência de análise de dados, pois com isso é possível saber como se gera mais valor para o cliente, como se pode ganhar mais espaço no mercado nacional em outras regiões e no mercado internacional. Com isso, é possível desenvolver uma capacidade de operação em tempo real, capturando, extraindo e analisando

dados no mesmo instante, abrindo a possibilidade de fazer ajustes com tomada de decisões imediatamente.

Entretanto, para que esses dados não se percam, é necessário desenvolver uma competência de gestão do conhecimento e isso a Empresa B apresenta, pois o conhecimento não fica retido apenas em uma pessoa, devido a existência de *softwares* que ajudam a geri-lo, além de ser uma empresa que gera patentes constantemente.

Quando se fala na competência de controle de qualidade, é possível notar que a Empresa B investe significativamente nessa competência, pois investe em máquinas com corte automático, que aumentam a qualidade do produto, além de testarem diversas vezes os *softwares* que fabricam antes de serem lançados.

Foi possível verificar que a Empresa B considera que a tecnologia por si só, sem as pessoas, não funciona sozinha, pois são necessárias pessoas capacitadas querendo se desenvolver também. Por essa razão, a Empresa B apresenta uma abertura entre todos os setores de modo que os colaboradores aprendam sobre outras áreas, além de comitês multidisciplinares que são importantes para a construção e comunicação dos setores, convenções da empresa com equipe externa, reuniões periódicas, além de apoio a educação com cursos, palestras, congressos e especializações focando sempre no desenvolvimento da equipe.

Nas Figuras 15, 16, 17 e 18 pode ser observado como a Empresa B está em direção aos princípios da indústria 4.0 (nesse caso, interoperabilidade, virtualização, capacidade de operação em tempo real e padronização).

Figura 15 - Avaliação dos especialistas versus Empresa B: Princípio da interoperabilidade

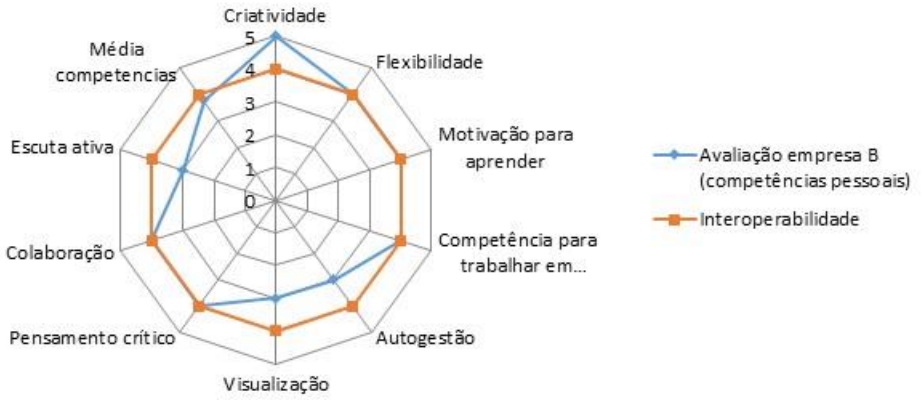


Figura 15 a. Categoria pessoal – Interoperabilidade: Empresa B

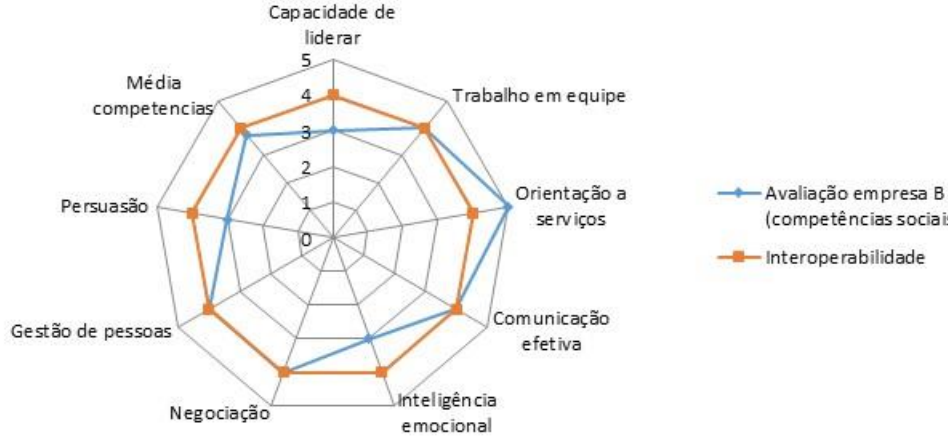


Figura 15 b. Categoria social - Interoperabilidade: Empresa B

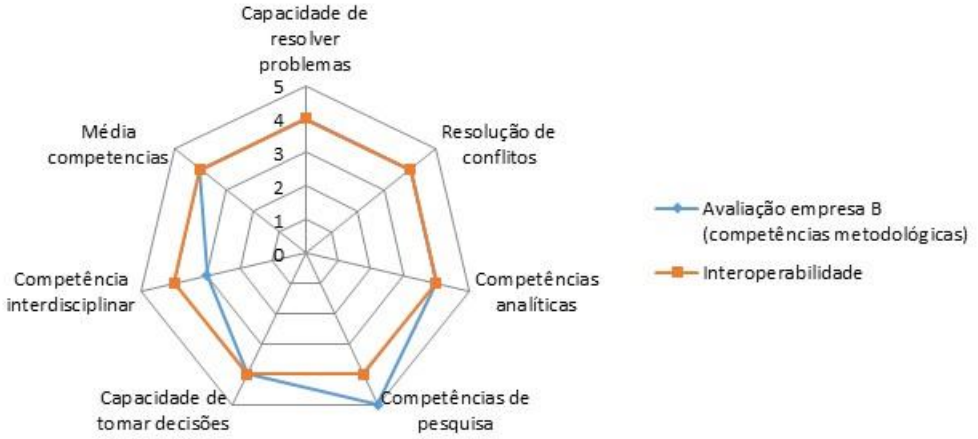


Figura 15 c. Categoria metodológica- Interoperabilidade: Empresa B

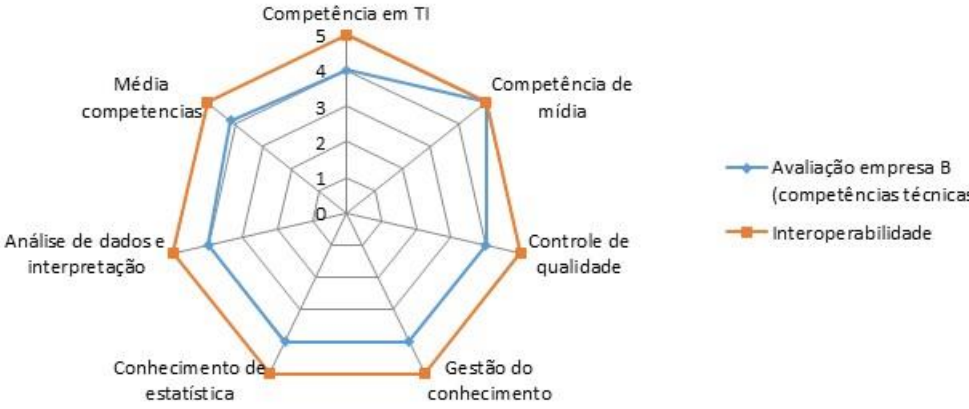


Figura 15 d. Categoria técnica - Interoperabilidade: Empresa B

Figura 16 - Avaliação dos especialistas versus Empresa B: Princípio da padronização

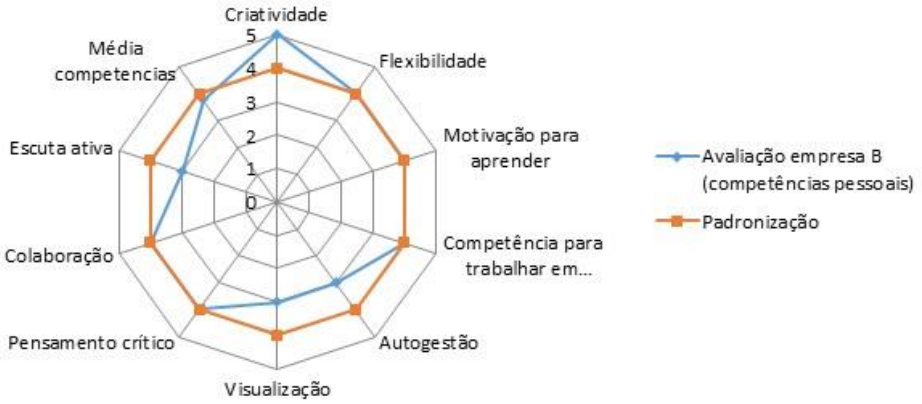


Figura 16 a. Categoria pessoal – Padronização: Empresa B

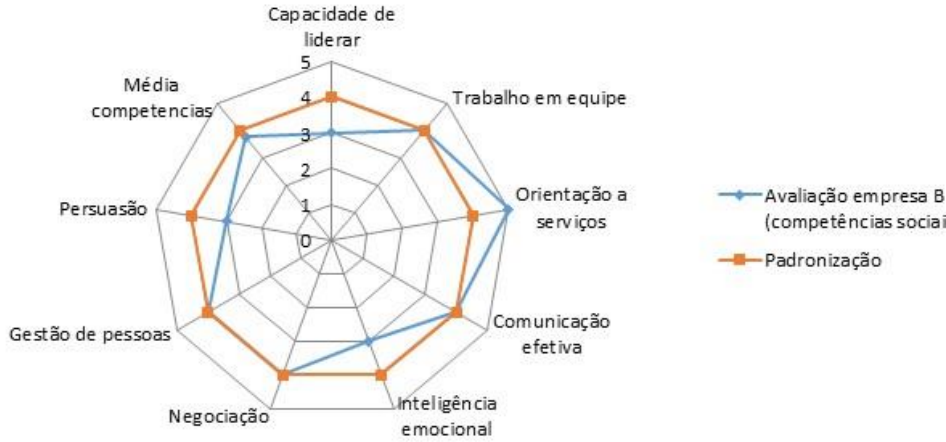


Figura 16 b. Categoria social - Padronização: Empresa B

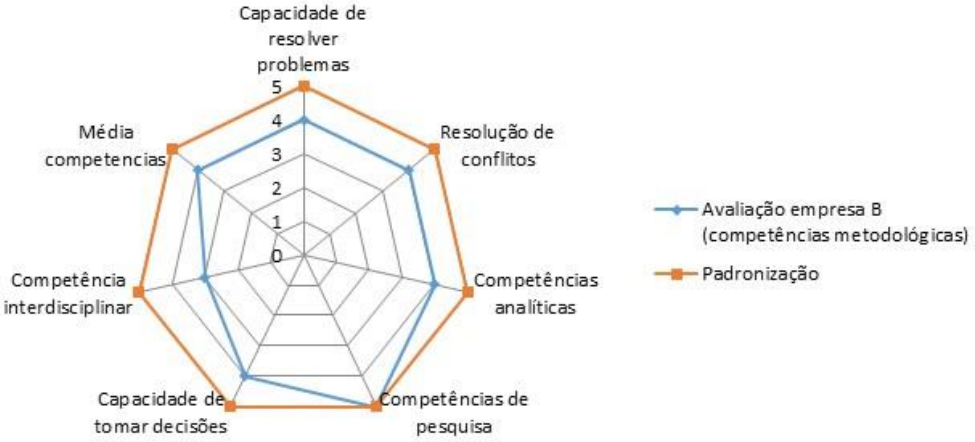


Figura 16 c. Categoria metodológica- Padronização: Empresa B

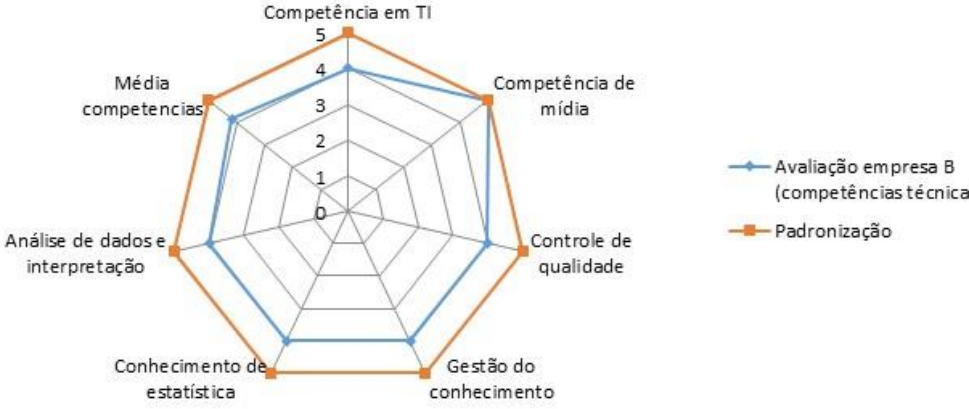


Figura 16 d. Categoria técnica - Padronização: Empresa B

Figura 17 - Avaliação dos especialistas versus Empresa B: Princípio da virtualização

Figura 17 a. Categoria pessoal – Virtualização: Empresa B

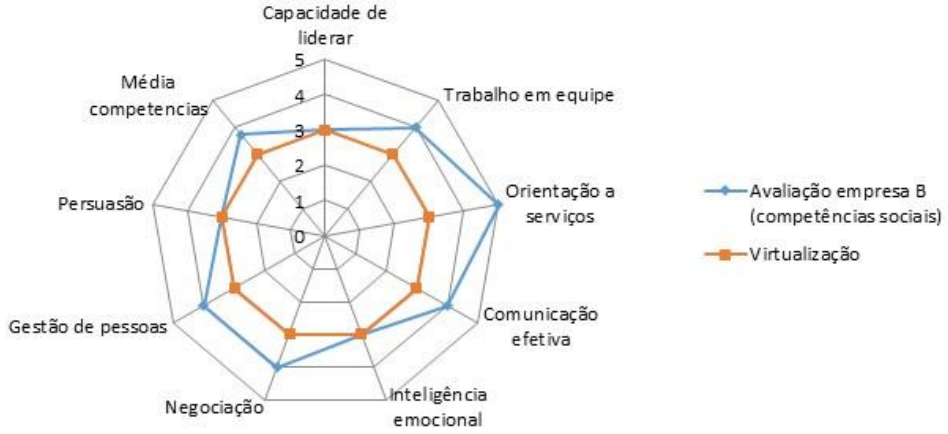


Figura 17 b. Categoria social - Virtualização: Empresa B

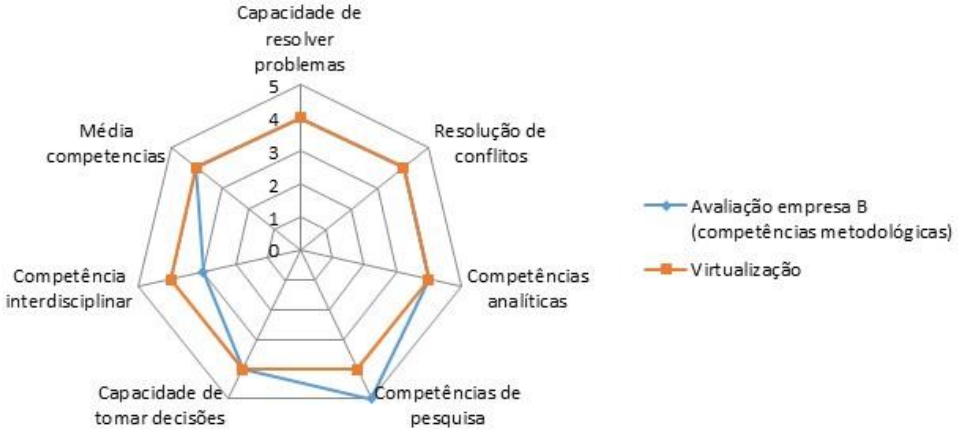


Figura 17 c. Categoria metodológica- Virtualização: Empresa B

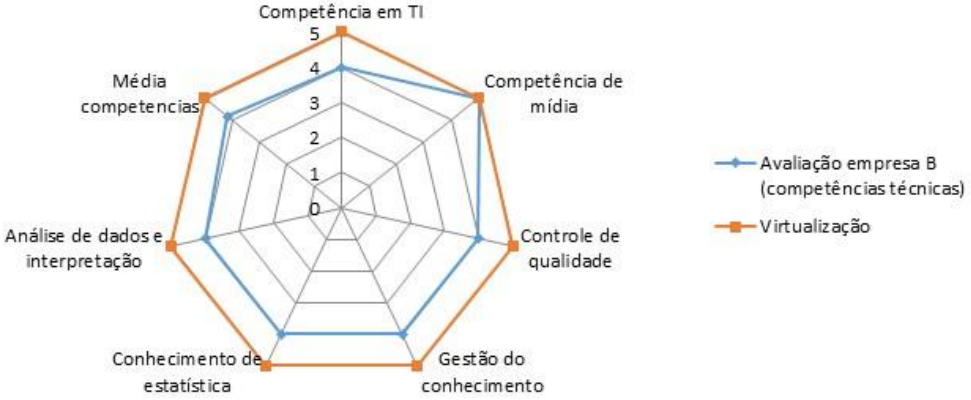


Figura 17 d. Categoria técnica - Virtualização: Empresa B

Figura 18 - Avaliação dos especialistas versus Empresa B: Princípio da capacidade de operação em tempo real

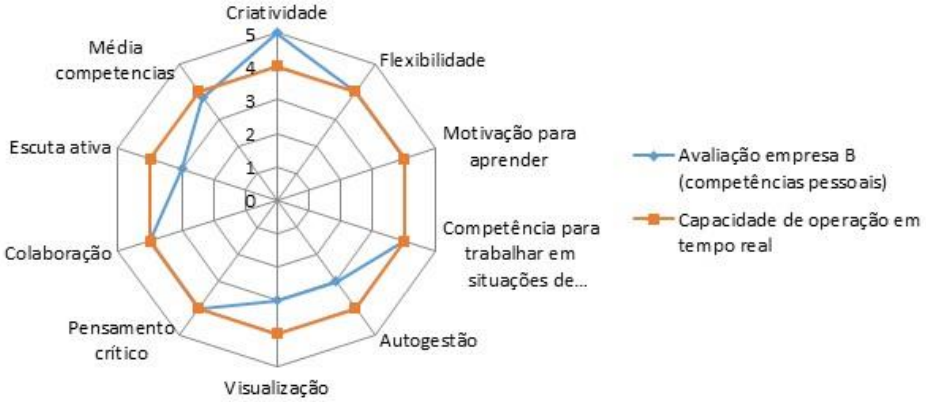


Figura 18 a. Categoria pessoal – Capacidade de operação em tempo real: Empresa B

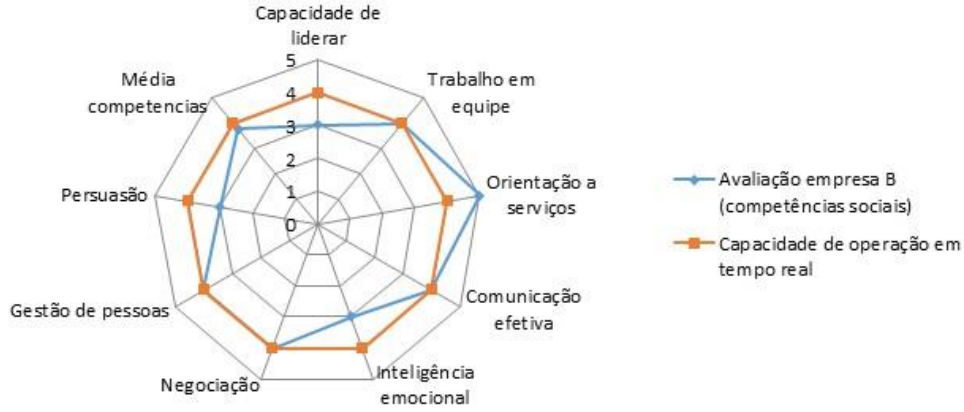


Figura 18 b. Categoria social – Capacidade de operação em tempo real: Empresa B

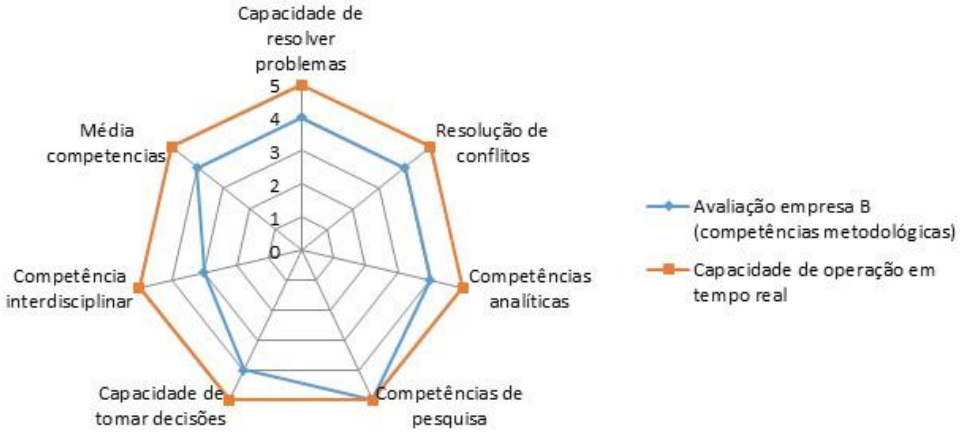


Figura 18 c. Categoria metodológica- Capacidade de operação em tempo real: Empresa B

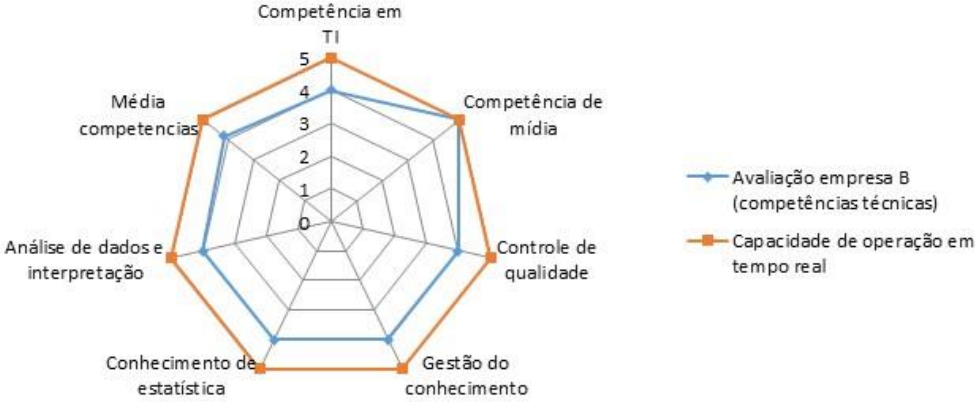


Figura 18 d. Categoria técnica – Capacidade de operação em tempo real: Empresa B

Nas Figuras 15a, 16a, 17a e 18a, observa-se que a média das notas das competências da categoria pessoal está abaixo das notas de importância atribuídas pelos especialistas do Delphi para os princípios da interoperabilidade, padronização, virtualização e capacidade de operação em tempo real, significando que as competências dessa categoria não estão no caminho dos princípios da indústria 4.0. No que se refere as notas da categoria social, essas contribuem apenas para o princípio da virtualização, conforme se pode observar na Figura 17b. As notas da categoria metodológica contribuem apenas para a adoção dos princípios interoperabilidade e virtualização, conforme Figuras 15c e 17c, e as notas da categoria técnica não contribuem para a adoção de nenhum dos princípios da Empresa B, conforme Figura 15d, 16d, 17d e 18d.

Além disso, novamente, as categorias técnicas ganham destaque de importância, com nota máxima, para os princípios da interoperabilidade, padronização, capacidade de operação em tempo real, além da virtualização, segundo os especialistas do Delphi. Entretanto, a Empresa B ainda precisa desenvolver um pouco mais essas competências (técnicas) como análise de dados, conhecimento de estatística, gestão do conhecimento, controle de qualidade e competência em TI.

5.2.1.3 Empresa C

No que se refere a relação das competências profissionais com os princípios da indústria 4.0 o Entrevistado C informou que:

> A descentralização é um princípio que requer maturidade profissional. Quando você descentraliza um serviço, você torna sua gestão muito mais horizontal. Então, tem que ter essa competência de gestão participativa muito aflorada.

Nessa Empresa, os princípios que fazem sentido serem analisados e comparados com as competências são a padronização, capacidade de operação em tempo real e descentralização. Esses princípios permitem capturar, extrair e analisar dados em tempo real, permitindo a interação entre muitas fontes heterogêneas de dados e dispositivos heterogêneos, além de permitir um aumento na velocidade dos sistemas de tomada de decisão, aumentando a capacidade de personalizar produtos. Entretanto, para que tudo isso aconteça é importante o desenvolvimento das competências adequadas, para a correta utilização dos equipamentos e, consequentemente, para a adoção dos princípios. A seguir é feita uma análise dessas competências relacionando com os princípios que fazem sentido para a Empresa C. Além disso, é importante destacar que essa análise foi realizada pelo gerente de produção da Empresa C que

estava avaliando os funcionários da área de produção do segmento de customização, que formam uma equipe composta por 20 pessoas, com variados perfis.

- Categoria pessoal

Em relação à essa categoria, o Quadro 38 a seguir apresenta as notas que o Entrevistado C atribuiu em relação à cada uma das competências dessa categoria, bem como uma justificativa. Observou-se que o Entrevistado além de atribuir uma nota às competências desenvolvidas em sua equipe, destacava a importância delas para a implementação das tecnologias 4.0, assim como os seus princípios. Além disso, é possível notar que a Empresa C tem pontos a desenvolver em competências como autogestão, visualização e pensamento crítico.

Quadro 38 - Competências da categoria pessoal: Empresa C

Competências	**Nota**	**Justificativa**
Criatividade	5	Os colaboradores da equipe do Entrevistado C possuem a competência da criatividade, pois eles conseguem criar dentro dos recursos que possuem e conseguem fazer algo extraordinário. Por exemplo, através da impressora 3D eles confeccionam a peça de uma máquina e a testa antes mesmo de mandar fabricar e realiza todos os detalhes através de uma imagem, podendo ampliar e diminuir essa imagem, mudar a cor com facilidade, colocar efeitos, fazer correções necessárias, além de poder ver a peça digitalmente falando, sem ter a peça, tudo isso sendo possível graças aos recursos tecnológicos e em uma velocidade muito maior do que da forma convencional.
Flexibilidade	4	Os colaboradores da equipe do Entrevistado C possuem a competência da flexibilidade, pois é uma equipe que trabalha em lugares diferentes, em equipamentos diferentes e isso permite dar uma velocidade maior no seu desenvolvimento. Por exemplo, na indústria têxtil na área de criação e desenvolvimento, existem profissionais especializados no setor de bordado, que tem suas características de trabalho e que trabalha com imagem. Essa imagem pode ser desenvolvida em outra área completamente diferente, que poderia ser um *silk* (estampa, imagem transportada para um tecido) digital. Se esse profissional pode desenvolver um bordado e trabalhar em plataforma digital, ele também pode saber desenvolver em uma impressora digital, que mostra a flexibilidade de aprender formas diferentes de fazer. Tem profissionais, na Empresa B, que trabalham em dois lugares, no bordado e no lazer (trabalha com imagem) ou no silk e no lazer. São trabalhos diferentes que envolvem plataformas digitais e são equipamentos diferentes, mas o princípio é o mesmo.
Motivação para aprender	4	No que se refere à competência de motivação para aprender, a equipe do Entrevistado C está motivada para aprender, pois isso é estimulado através da liderança, que no caso é representada pelo Entrevistado C. Ele inspira isso diariamente nos colaboradores, através de grupos de estudo para debater sobre temas que irão agregar valor aos projetos que a equipe está envolvida.
Competência para trabalhar em situações de estresse	5	Os colaboradores da equipe do Entrevistado C possuem a competência para trabalhar em situações de estresse, pois eles trabalham em um ambiente estressante (ambiente de desenvolvimento na indústria têxtil), que envolve projetos e prazos, que na maioria das vezes são curtos e que exige que a pessoa seja extremamente eficiente. Isso faz com que a equipe tenha desenvoltura para trabalhar em situações de estresse. Além disso, o Entrevistado C possui uma equipe bem madura, pois tem pessoas que trabalham com ele há 5, 10 anos e, devido a essa experiência toda, eles têm maior domínio sobre situações de estresse.

Competências	Nota	Justificativa
Autogestão	3	Os colaboradores da equipe do Entrevistado C apresentam a competência de autogestão, mas ainda precisam aprimorá-la. O motivo se deve ao fato do Entrevistado C trabalhar com pessoas com nível técnico, com pessoas que estão recebendo projetos e vão ter que desenvolvê-los. Eles sabem as atividades que tem para fazer e a equipe tem uma capacidade de desenvolver, de ter autonomia, de criar, mas se a equipe precisa realizar uma demanda diferente da que está acostumada, ela precisa de uma gestão, de um gestor.
Visualização	3	A equipe do Entrevistado C possui uma competência de visualização média, devido ao processo de mudança intenso e constante e, por isso apresentam essa limitação.
Pensamento crítico	3	Os colaboradores da equipe do Entrevistado C possuem competência de pensamento crítico, mas precisam aprimorá-la. Existem alguns técnicos na empresa que tem visão crítica muito elevado e geralmente são os que se destacam e crescem dentro da empresa, mas no geral a maioria não tem tanta visão crítica. Um exemplo de pensamento crítico é o processo de taidai (processo de lavandeira, que é um processo de tingimento que faz com que a roupa saia com uma característica manchada e é possível fazer desenhos na roupa). Com a tecnologia 4.0, é possível fazer taidai digitalmente, pois é possível fotografar a camiseta, coletar a imagem e em uma plataforma de impressora digital é possível imprimir a camiseta em desenho taidai. Sendo que é possível imprimir em um tecido também. É possível fazer um desenho e fazer ele em escala digitalmente no próprio tecido. Isso é um exemplo de pensamento crítico e uma forma de fazer diferente utilizando a indústria 4.0.
Colaboração	5	A equipe do Entrevistado C possui a competência da colaboração, pois quando uma pessoa termina determinada atividade e está livre e disponível, pode ser deslocada para outra atividade, mostrando o espírito de união. Por exemplo, quando uma pessoa termina uma atividade no bordado, pode ir para outro setor, como o *strass*, para ajudar outra pessoa. Isso acontece tanto na linha de produção quanto na linha de criação e desenvolvimento.
Escuta ativa	5	No que se refere à competência da escuta ativa, a equipe do Entrevistado C apresenta essa competência, pois na área de criação e desenvolvimento é extremamente importante ter uma escuta ativa elevada para ter alta performance, pois o cliente é o centro do negócio. Se o colaborador não tiver uma escuta ativa não vai conseguir entregar bons resultados para o cliente ou não vai conseguir ouvir a respeito dos treinamentos e, por essa razão, pode acabar quebrando um equipamento ou entregando um pedido errado.

Fonte: pesquisa de campo.

O que se observa no Quadro 38 é que a Empresa C possui notas elevadas nas competências pessoais, principalmente na criatividade, competência para trabalhar em situações de estresse, colaboração e escuta ativa.

No que se refere à criatividade, o Entrevistado C a considera uma das grandes competências para trabalhar na indústria 4.0, pelo fato de que se pode tirar o máximo de proveito dos equipamentos que trarão facilidade de trabalho, como no caso da impressora 3D, em que é possível fazer a peça de uma máquina e testá-la antes mesmo de mandar fabricar. Essa competência está bem desenvolvida nos colaboradores da Empresa C, o que permite que a transformação digital ocorra de maneira rápida e estruturada. Entretanto, a criatividade está diretamente relacionada à motivação para aprender, pois pessoas criativas estão sempre em busca de aprender sobre novos assuntos e tem uma facilidade para relacioná-los e colocá-los em prática. Quanto à competência de motivação para aprender, o Entrevistado C considera que

a equipe possui, pelo fato dos vários estímulos diários, sendo tal aspecto fundamental e cada vez mais demandado na indústria 4.0.

Os funcionários da Empresa C também possuem a capacidade de trabalhar em situações de estresse. Um ambiente de desenvolvimento na indústria têxtil por natureza é estressante, porque se trabalha com projetos e prazos que geralmente são curtos e a equipe da Empresa vivencia isso diariamente apresentando bons resultados, mostrando que eles sabem trabalhar sob estresse. Além disso, essa equipe possui pessoas maduras, que já estão trabalhando 5 ou 10 anos na organização e, segundo o Entrevistado C, quanto mais se atinge a senioridade, a maestria no trabalho, mais domínio se tem sobre as situações adversas que aparecem. Isso implica que, pelo fato de conseguirem lidar com situações estressantes, conseguem ter uma excelente escuta ativa. Na Empresa C, essa competência tem nota elevada, pois na área de criação e desenvolvimento isso é muito importante para ter alta *performance*, pois se não tiver escuta ativa para ouvir o cliente não vai entregar bons resultados ou então vai quebrar um equipamento, porque não escutou o que o técnico tinha para dizer.

Uma competência que contribui para o princípio da capacidade de operação em tempo real é a flexibilidade, e a equipe da Empresa C a possui, pois um mesmo profissional pode trabalhar em uma lavanderia e no bordado, ou então pode trabalhar no *silk* (estampa, imagem transportada para um tecido) e no lazer. São trabalhos diferentes, que envolvem plataformas digitais e são equipamentos diferentes, mas o princípio é o mesmo. Além disso, essa flexibilidade contribui para o espírito de colaboração da equipe, pois quando uma pessoa termina uma atividade no bordado, pode ir para outro setor como o *strass* para ajudar outra pessoa, tanto na linha de produção, quanto na linha de criação e desenvolvimento. A equipe tem essa característica particular, que é o espírito de união.

- Categoria social

O Quadro 39 apresenta as competências da categoria social, junto com uma justificativa e, de modo geral, apresentam notas um pouco altas, mas com uma necessidade de melhoria na capacidade de liderar, trabalho em equipe e comunicação efetiva. No geral, o Entrevistado C avaliou que essas competências têm influência alta para os princípios da indústria 4.0 e citou alguns exemplos de como elas são desenvolvidas na equipe.

Quadro 39 - Competências da categoria social: Empresa C

Competências	Nota	Justificativa
Capacidade de liderar	3	A equipe do Entrevistado C possui capacidade de liderar, mas ainda precisa melhor desenvolvê-la. Isso se deve ao fato da necessidade que o Entrevistado C teve de trocar alguns colaboradores mais antigos por outros com uma mentalidade mais apropriada para o momento de transformação digital e, por essa razão, ele possui uma equipe nova em formação, que ainda está se desenvolvendo no aspecto da liderança.
Trabalho em equipe	3	A equipe do Entrevistado C possui competência de trabalho em equipe, mas ainda precisa amadurecer quanto a esse aspecto. Isso se deve ao fato dela ainda está em formação e precisar ser melhor desenvolvida.
Orientação a serviços	4	No que se refere à competência de orientação a serviços, a equipe do Entrevistado C a possui, pois ela trabalha com projetos e entrega no prazo, e cada projeto é um desafio novo. Por essa razão, ela tem que estar todo dia desenhando uma peça cada vez mais bonita, bem feita, no custo competitivo, com redução de custo, de uma forma padronizada e eliminando desperdício. Sendo assim, a equipe do Entrevistado C foi treinada para isso.
Comunicação efetiva	3	No que se refere à comunicação efetiva, os colaboradores da equipe do Entrevistado C possuem pouca comunicação efetiva, pelo fato de não terem oportunidades de ter acesso a feiras onde são apresentadas novidades da área para que possam trazer ideias para a Empresa, além de ser uma equipe muito técnica e, por essa razão, não possuem uma boa comunicação efetiva.
Inteligência emocional	4	Os colaboradores da equipe do Entrevistado C possuem inteligência emocional, pelo fato de serem pessoas maduras na idade, com uma vasta experiência profissional e com uma mentalidade digital, voltada para a tecnologia.
Negociação	4	A equipe do Entrevistado C possui a competência de negociação, pelo fato de ser uma equipe madura que trabalha com o princípio do ganha a ganha, no sentido de ambas as partes ganharem. Por exemplo, a equipe trabalha com projetos e muitas vezes o cliente quer fazer de um jeito e isso inviabiliza no preço, no visual, na técnica, devido ao grau de dificuldade gerar uma perda muito grande. Entretanto, a equipe tem um bom nível de conhecimento técnico e uma boa capacidade de negociação para fazer uma troca de modo que o cliente tenha a percepção que saiu ganhando no preço ou que saiu mais bonito.
Gestão de pessoas	4	No que se refere à gestão de pessoas, o Entrevistado C lidera uma pessoa na parte de desenvolvimento e essa pessoa lidera outras pessoas e o nível de gestão dele é muito bom. Além disso, o Entrevistado C lidera uma equipe de técnicos, que não lideram mais ninguém. Sendo assim, a competência de gestão de pessoas está desenvolvida no Entrevistado C e no líder de desenvolvimento.
Persuasão	4	Os colaboradores da equipe do Entrevistado C possuem a capacidade de persuasão, pois quem lida com desenvolvimento de produto tem que ter essa capacidade, pois em algumas vezes o cliente quer muito algo, mas ai o técnico sugere algo diferente e aponta os motivos pelos quais deveria ser diferente, e isso acaba persuadindo ele.

Fonte: pesquisa de campo.

É possível notar, pelos exemplos citados pelo Entrevistado C, que a sua equipe é madura e possui pessoas com pelo menos 5 anos de trabalho na empresa, o que a torna preparada para saber lidar com situações de estresse e desafios, contribuindo para terem uma boa inteligência emocional. Essa competência contribui para a adoção do princípio de capacidade de operação em tempo real, pois é necessário ter inteligência emocional em caso da necessidade de tomar decisões rapidamente, em tempo real, pelo fato de encontrar obstáculos na linha de produção, por exemplo, que oferecem riscos à operação.

Outras duas competências consideradas importantes pelo Entrevistado C e que foram bem avaliadas na sua equipe é a negociação e a persuasão. Devido a equipe trabalhar com projetos, muitas vezes o cliente quer fazer de uma forma que inviabiliza no preço, no visual, na técnica, devido ao grau de dificuldade gerar uma perda muita grande. Entretanto, pelo fato da equipe ser madura em termos de experiência de trabalho, essa dificuldade é vencida com um bom nível de conhecimento técnico e boa capacidade de negociação, que implica em uma boa capacidade de persuasão.

Além disso, a competência de gestão de pessoas é bem avaliada pelo Entrevistado C. Ele lidera um grupo de pessoas que são técnicos e que não lideram ninguém, mas na parte de desenvolvimento ele tem um líder nessa área, que é gerido por ele e que gere outras pessoas, e o nível de gestão dele é muito bom, tendo em vista que a equipe dele tem um alto nível de engajamento, pois ele possui três características consideradas importantes pelo Entrevistado C para um líder: carisma, conhecimento e atitude. Isso implica que com uma boa gestão, a equipe passa a ser orientada a serviços, de acordo com a demanda que chega do cliente. A equipe do Entrevistado C está preparada para o dia a dia, sempre olhando e desenhando uma peça cada vez mais bonita, bem feita, no custo competitivo, com redução de custo, de uma forma mais padronizada, eliminando desperdício.

- Categoria metodológica

Em relação à essa categoria, o Quadro 40 a seguir apresenta as notas que o Entrevistado C atribuiu em relação à cada uma das competências dessa categoria, bem como uma justificativa. Observou-se que além de direcionar a nota para sua empresa, direcionou também para a importância dessa competência de uma forma geral para os princípios da indústria 4.0, assim como de suas tecnologias.

Dessa forma, se observa que as competências que precisam ser melhor desenvolvidas são resolução de conflitos, competências de pesquisa e capacidade de tomar decisões.

Quadro 40 - Competências da categoria metodológica: Empresa C

Competências	**Nota**	**Justificativa**
Capacidade de resolver problemas	4	Os colaboradores da equipe do Entrevistado C apresentam capacidade de resolver problemas, pois eles recebem constantemente treinamento e qualificação por parte da Empresa C e isso os torna capazes de resolver qualquer problema, sendo capazes de aprender a respeito de um equipamento, mesmo que seja novo, e entender os parâmetros de trabalho, resolvendo qualquer problema a respeito dele.
Resolução de conflitos	3	No que se refere a resolução de conflitos, a equipe do Entrevistado C possui essa competência em um nível mediano, pois existem pessoas na equipe com uma boa capacidade de negociação e consequentemente de resolução de conflitos, mas é uma

Competências	Nota	Justificativa
		minoria, de 20 pessoas, 2 ou 3 tem essa capacidade bem desenvolvida. Entretanto, a maioria não possui essa capacidade, pois elas preferem aceitar algo para não ter que questionar e para evitar problema.
Competências analíticas	4	Os colaboradores da equipe do Entrevistado C possuem competências analíticas e isso é muito importante para resolver os problemas do dia a dia. Um exemplo, para trabalhar com imagens tem que ter um bom conhecimento analítico sobre cores, sobre conceitos técnicos de metameria para poder negociar. Por exemplo, em uma lavanderia, a peça já tem uma cor e se quer mudar para outra cor, e se a cor atual é clara e se quer mudar uma cor escura, isso é possível, já o contrário não é possível fazer. Então, se o colaborador tem o conhecimento analítico para isso ele pode explicar para o cliente que o que ele quer fazer não é possível por causa desses motivos.
Competências de pesquisa	3	No que se refere às competências de pesquisa, a equipe do Entrevistado C as possui de maneira mediana, pois dentro da equipe apenas uma minoria possui essa competência alta. Existem pessoas com diversas especialidades, seja para fazer um *paper embossing* (que é uma técnica de criação de imagens e desenhos em relevo em papel e em outros materiais), tratar um bordado, tratar um *strass*, entre outras técnicas. Aquelas pessoas que não conhecem por exemplo a técnica de *paper embossing*, tem a capacidade de pesquisar e conhecer mais a respeito. Mas no geral, a equipe do Entrevistado C é mediana com relação a competência de pesquisa.
Capacidade de tomar decisões	3	Com relação a capacidade de tomar decisões, a equipe do Entrevistado C a possui, mas ainda precisa melhorá-la, pois ela consegue resolver em torno de 90% dos problemas, mas em outros casos os colaboradores precisam de ajuda. Eles tem parâmetros e dentro desses parâmetros eles tem autonomia para tomar decisões, mas fora deles precisa consultar o líder da equipe, o Entrevistado C.
Competência interdisciplinar	4	Os colaboradores da equipe do Entrevistado C possuem competência interdisciplinar, pois na área de moda e de desenvolvimento isso é muito importante. As pessoas da equipe do Entrevistado C buscam sempre aprender, ter uma visão de mundo através de livros, filmes, cultura, viagens, experiências que vão agregando valor ao trabalho, porque lidam com moda e isso vai desenvolvendo uma competência interdisciplinar.

Fonte: pesquisa de campo.

O que se observa na fala do Entrevistado C é que ele observa que a maioria das pessoas acreditam que a implementação das tecnologias da indústria 4.0 se caracteriza apenas pela compra de máquinas inovadoras, em que se aperta o botão e ela gera os resultados que a pessoa espera. Entretanto, ele afirma que é necessário conhecer o equipamento e entender os parâmetros de trabalho dela e, para isso, são necessárias competências como a capacidade de resolver problemas. Contudo, para que essa competência esteja bem desenvolvida é necessário treinamento e qualificação da equipe, que é o que ele faz constantemente. Isso implica que com uma capacidade de resolver problemas bem aflorada, é possível implementar o princípio da descentralização, graças a integração dos sistemas (interoperabilidade), fazendo com que cada área tenha a capacidade de resolver seus próprios problemas, tomando suas próprias decisões de como melhorar suas tarefas, sem a necessidade de um sistema central para fazer isso.

Além disso, a automação na indústria têxtil é muito focada na área de imagens e, por essa razão, os colaboradores precisam conhecer muito bem sobre tonalidade de cores e sobre conceitos técnicos de metameria, por exemplo, mas é preciso ter uma capacidade analítica, para explicar para o cliente que o que ele quer muitas vezes não dá para fazer, por causa de motivos

técnicos. Em termos de capacidade analítica, a Empresa C apresenta boa nota e contribui principalmente para o princípio da capacidade de operação em tempo real, pois se faz necessário extrair e analisar dados em tempo real.

E, por fim, com relação a competência interdisciplinar, a equipe do Entrevistado C foi bem avaliada, pois ele acredita que essa competência está ligada à cultura dos colaboradores e o conhecimento adquirido ao longo da vida que agregam valor ao trabalho, e ele considera que na sua equipe as pessoas têm essa visão. Além disso, na equipe há pessoas que têm diferentes habilidades, como tocar saxofone, tem domínio do inglês, que sabem desenhar, entre outras habilidades. Todo esse conhecimento elas conseguem conectar com o trabalho de forma natural e contribuir para a área de moda, e, consequência para os princípios ora citados.

- Categoria técnica

Em relação à essa categoria, o Quadro 41 apresenta as notas que o Entrevistado C atribuiu em relação à cada uma das competências dessa categoria, bem como uma justificativa. Observou-se que o Entrevistado atribuiu uma nota às competências desenvolvidas em sua equipe e é possível notar que a Empresa C tem pontos a desenvolver principalmente na competência em TI, competência de mídia, gestão do conhecimento, conhecimento de estatística e análise de dados e interpretação.

Quadro 41 - Competências da categoria técnica: Empresa C

Competências	**Nota**	**Justificativa**
Competência em TI (tecnologia da informação)	0	No que se refere à competência em TI, a equipe do Entrevistado C não a possui, pois a Empresa C possui um setor responsável pela área de tecnologia da informação e quando possuem qualquer problema chamam o pessoal dessa área.
Competência de mídia	3	Com relação à competência de mídia, a equipe do Entrevistado C possui capacidade de utilizar mídias inteligentes, mas não como desenvolvedor e sim como usuário.
Controle de qualidade	5	Os colaboradores da equipe do Entrevistado C apresentam a competência de controle de qualidade, pois quem lida com desenvolvimento de produto ou com a produção de um produto tem que ter essa competência aflorada, pois precisa olhar no detalhe a peça e detectar defeitos, como por exemplo nome errado, conjugação verbal errada tanto em português quanto em inglês e tudo isso é detectado na execução do produto, de modo a fazer um produto que encante o cliente. Por essa razão, essa competência é bem desenvolvida na equipe.
Gestão do conhecimento	3	No que se refere à competência de gestão do conhecimento, os colaboradores da equipe do Entrevistado C a possui, pois a Empresa C possui o POP (Procedimentos Operacionais Padrão), que corresponde a um documento que reúne instruções e descrições de atividades que documentam uma rotina, um passo a passo ou atividade do dia a dia de uma empresa.
Conhecimento de estatística	3	Com relação ao conhecimento de estatística, a equipe do Entrevistado C o possui, pois a Empresa C possui indicadores de custo minuto, de desempenho, de atendimento, de faturamento, índice de rejeição, dentre outros. E se são criados

Competências	Nota	Justificativa
		indicadores, também é criada a estatística, por essa razão, a equipe do Entrevistado C possui conhecimento de estatística, mas ainda preciso aprimorá-lo.
Análise de dados e interpretação	3	A equipe do Entrevistado C possui a competência de análise de dados e interpretação, pois existem relatórios que são analisados para tomada de decisão, relatórios de demanda, de faturamento, relatórios que emitem o índice de absenteísmo e, tudo isso, faz com que se tome decisões como ampliar o quadro de funcionários, diminuir o quadro, entre outras decisões. Entretanto, essa competência ainda precisa ser aprimorada na equipe do Entrevistado C.

Fonte: pesquisa de campo.

O que se observa no Quadro 41 é que a competência em controle de qualidade é a que possui a maior nota, tendo em vista que a equipe do Entrevistado C é detalhista em termos de qualidade de produtos, detectando defeitos como nome errado e conjugação verbal errada tanto em português quanto em inglês, buscando sempre encantar o cliente. Essa competência permite uma maior qualidade dos produtos, pelo fato de evitar erros e gargalos na produção, devido à capacidade de operação em tempo real do sistema, permitindo que o gestor visualize os problemas em seus processos. Isso evita perdas nas próximas etapas do processo, eliminando desperdícios e custos, que consomem grande parte do capital de uma empresa.

No que se refere à gestão do conhecimento, a Empresa C utiliza o POP (Procedimentos Operacionais Padrão), permitindo que seja possível deixar registrado os procedimentos utilizados por um colaborador para usar uma determinada máquina, por exemplo.

Com relação ao conhecimento de estatística, o Entrevistado C afirma que a equipe dele possui esse conhecimento, pois a estatística é criada a partir dos indicadores, que eles possuem, como por exemplo indicadores de custo minuto, atendimento, faturamento, desempenho, índica de rejeição, entre outros. Entretanto, isso é um aspecto que eles ainda precisam se desenvolver mais.

E, por último, no que se refere à competência de análise de dados e interpretação, as lideranças da Empresa C a possuem, tendo que em vista que analisam relatórios de demanda, de faturamento e relatórios de índice de absenteísmo, o que permite que eles tomem decisão a partir disso. Entretanto, a equipe do Entrevistado C precisa se desenvolver mais nessa competência de análise de dados e interpretação, por isso que a influência é média.

Na visão do Entrevistado C, as competências relacionadas à categoria pessoal são as mais importantes. Para ele, essa competência é a base para desenvolver as outras competências, mostrando que se o colaborador não for motivado a aprender, tiver pensamento crítico, flexibilidade e escuta ativa, por exemplo, não vai conseguir desenvolver bem as competências técnicas, impactando negativamente na implementação de tecnologias relevantes no contexto 4.0.

Além disso, a Empresa C considera que para implementar as tecnologias da indústria 4.0 é necessário que os colaboradores tenham uma mentalidade voltada para a transformação digital e caso não tenham bem desenvolvidas as competências mencionadas nesse trabalho, não será possível estar inserido no contexto da indústria 4.0. Para que essas competências estejam bem desenvolvidas na equipe, o Entrevistado C busca estimulá-la sempre a aprender. Por exemplo, no momento atual eles estão estudando sobre metodologias ágeis, como por exemplo o Scrum. Ele falou que convidou algumas pessoas da equipe de 20 pessoas para estudar junto com ele e conseguiu influenciar 8 pessoas a fazerem o curso, e todos os dias eles se reúnem para tratar os pontos importantes. Sendo assim, as competências são desenvolvidas na equipe através de treinamento e qualificação, estudos guiados, sem muito esforço e sem muita cobrança, mas sem perder o controle dos papéis da hierarquia. Além dessa questão de treinamento e qualificação, o Entrevistado C afirma a importância de se colocar uma pessoa com determinado perfil de trabalho em um ambiente que faça sentido para ela, no qual ela terá desenvoltura, para que ela possa desenvolver bem o trabalho e ter sucesso na implantação das tecnologias da indústria 4.0. Ele citou até um exemplo de que não se pode alocar uma pessoa que descarrega cimento, por exemplo, em uma área com tecnologias digitais, pois seria necessário muito treinamento para isso, e não seria garantia de obter bons resultados.

Para finalizar, as Figuras 19, 20 e 21 mostram se a Empresa C está em direção aos princípios da indústria 4.0 (nesse caso, padronização, capacidade de operação em tempo real e descentralização), considerando a avaliação feita pelos especialistas.

Figura 19 - Avaliação dos especialistas versus Empresa C: Princípio da padronização

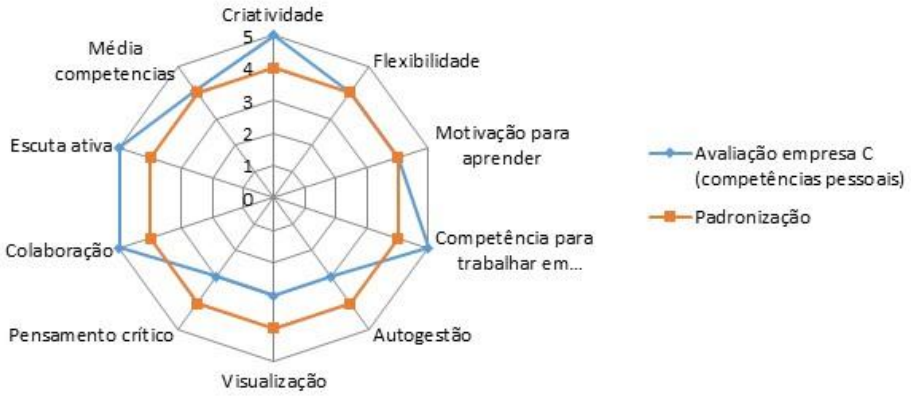


Figura 19 a. Categoria pessoal - Padronização: Empresa C

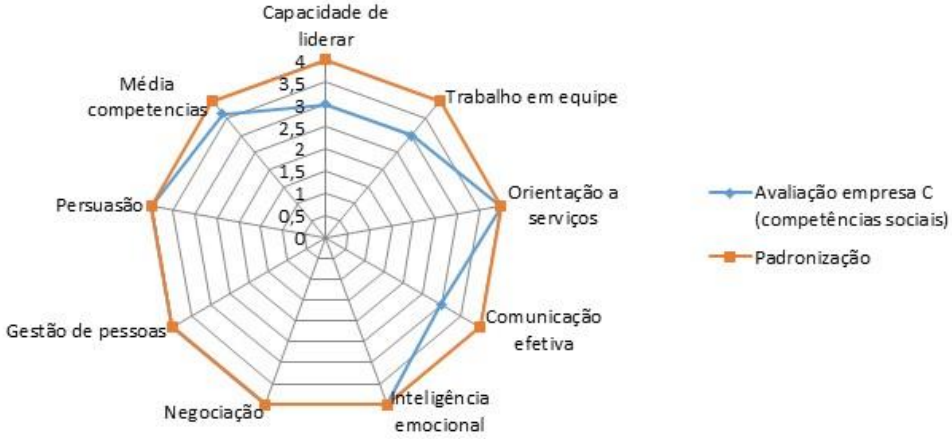


Figura 19 b. Categoria social - Padronização: Empresa C

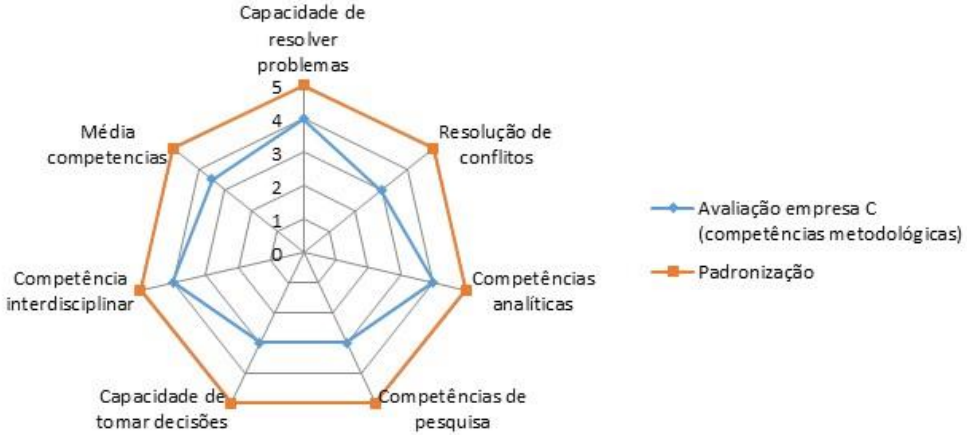


Figura 19 c. Categoria metodológica - Padronização: Empresa C

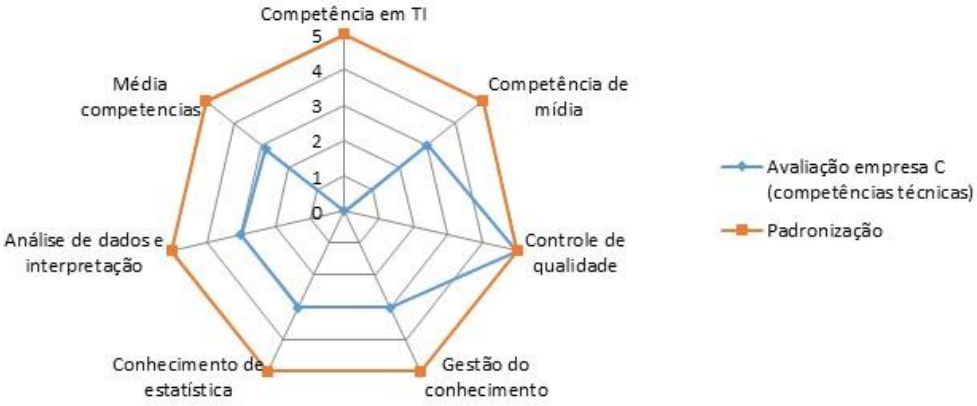


Figura 19 d. Categoria técnica - Padronização: Empresa C

Figura 20 - Avaliação dos especialistas versus Empresa C: Princípio da capacidade de operação em tempo real

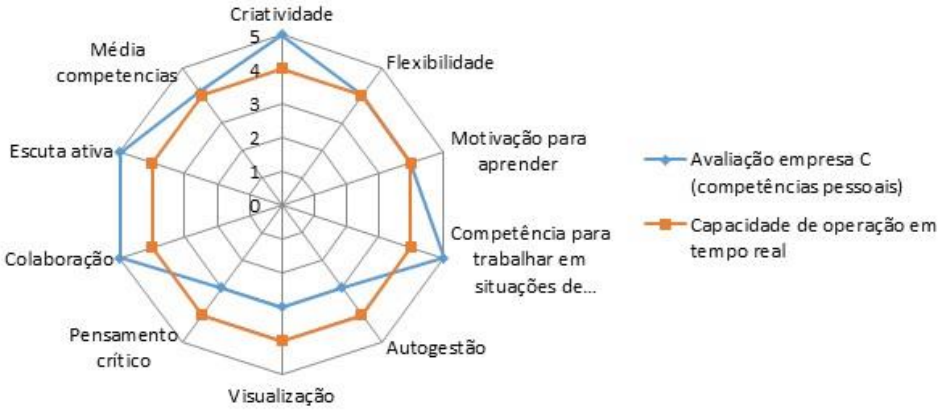


Figura 20 a. Categoria pessoal – Capacidade de operação em tempo real: Empresa C

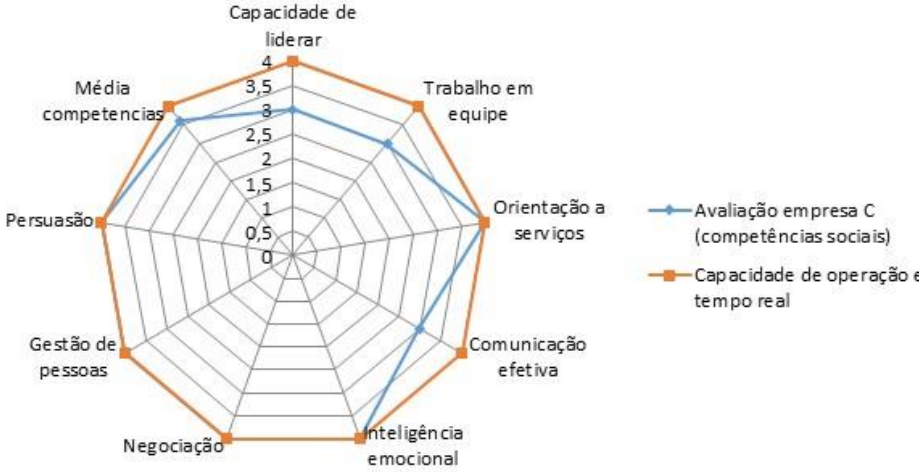


Figura 20 b. Categoria social - Capacidade de operação em tempo real : Empresa C

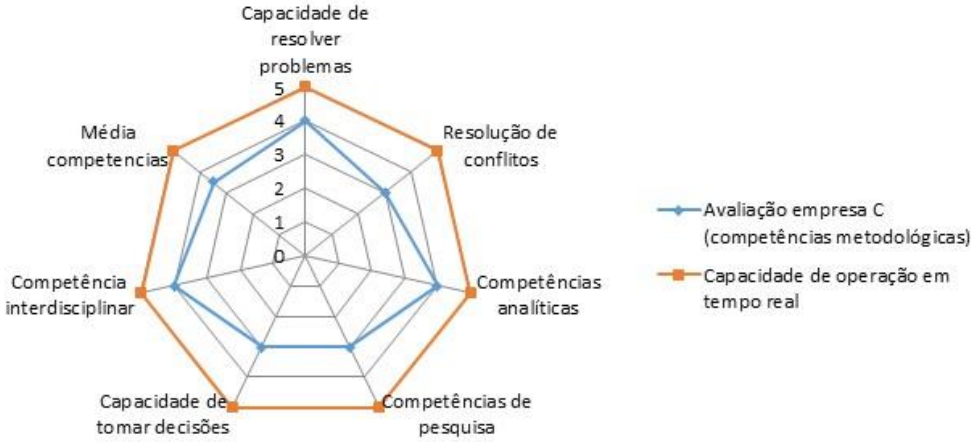


Figura 20 c. Categoria metodológica - Capacidade de operação em tempo real : Empresa C

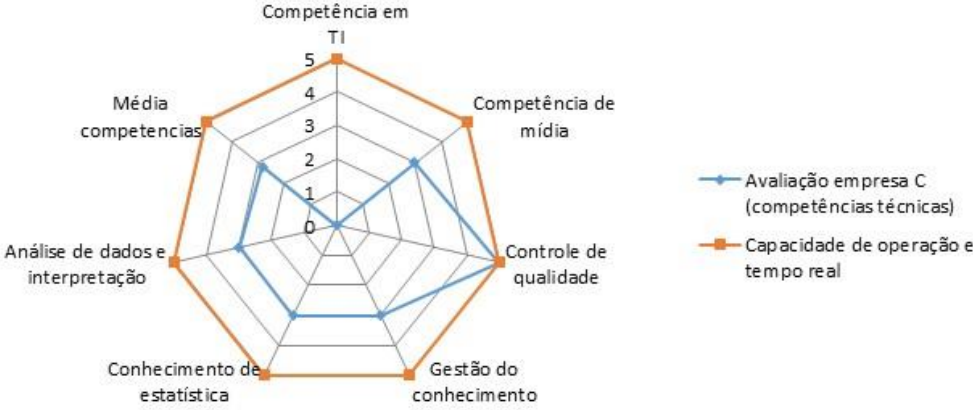


Figura 20 d. Categoria técnica - Capacidade de operação em tempo real : Empresa C

Figura 21 - Avaliação dos especialistas versus Empresa C: Princípio da descentralização

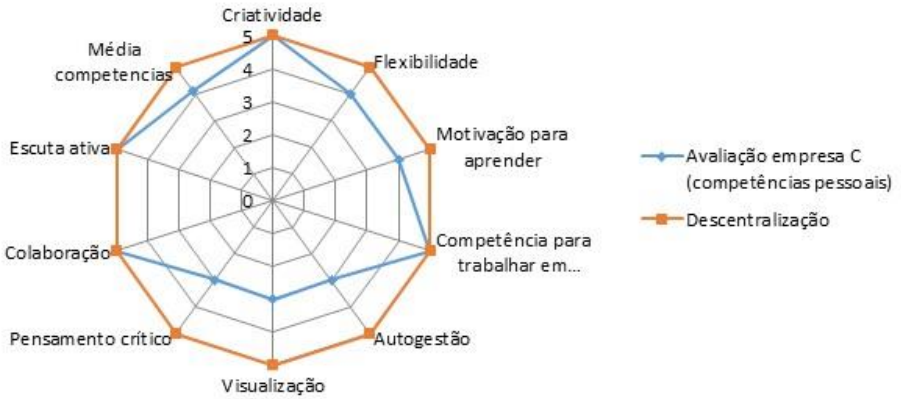


Figura 21a. Categoria pessoal – Descentralização: Empresa C

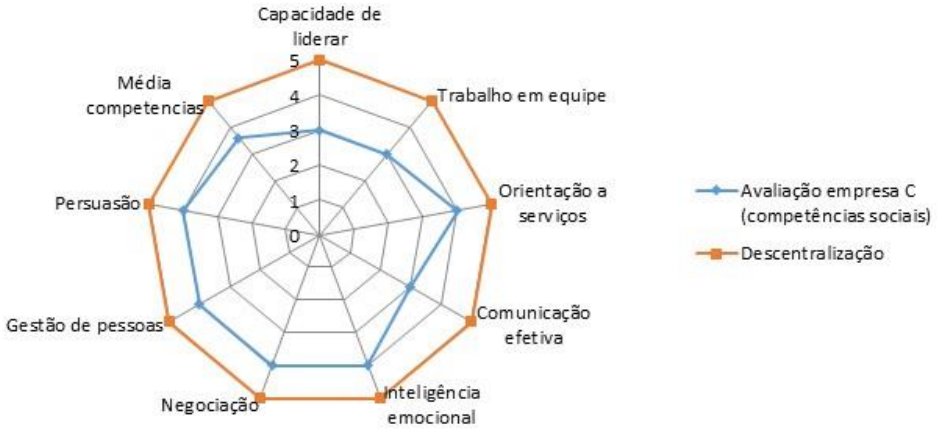


Figura 21 b. Categoria social - Descentralização: Empresa C

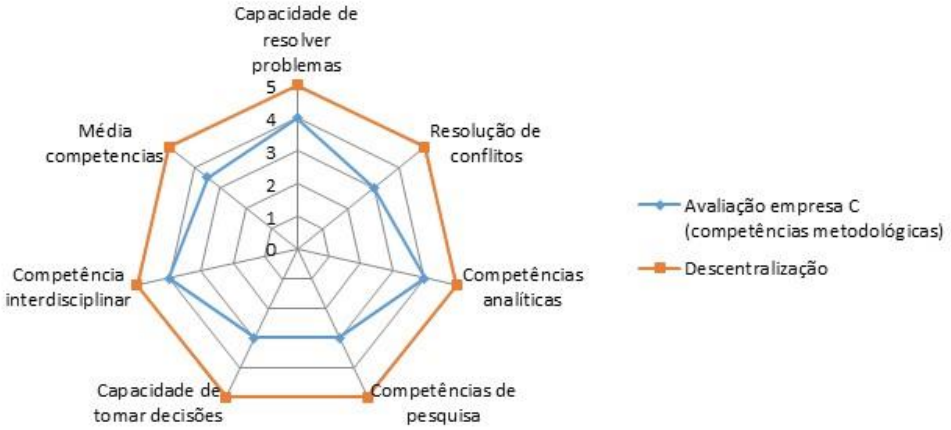


Figura 21 c. Categoria metodológica - Descentralização: Empresa C

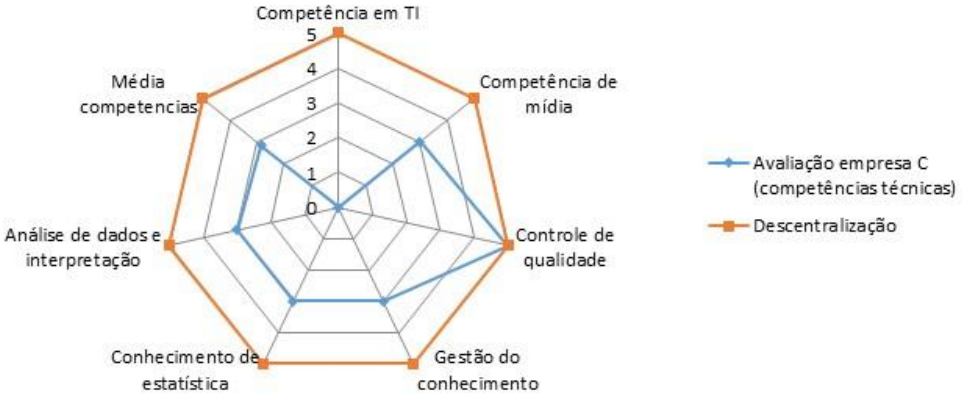


Figura 21 d. Categoria técnica - Descentralização: Empresa C

Nas Figuras 19a e 20a, pode-se notar que em termos de categoria pessoal, a Empresa C está no caminho dos princípios da padronização e capacidade de operação em tempo real, tendo em vista que a média das notas das competências pessoais está acima das notas de importância atribuídas pelos especialistas do Delphi para esses princípios. Entretanto, para que essa empresa se aproxime do princípio da descentralização, é necessário desenvolver mais as competências como pensamento crítico, visualização e autogestão que possuem notas medianas. Com relação às notas das categorias social, metodológica e técnica, essas não contribuem para os princípios da padronização, capacidade de operação em tempo real e descentralização da Empresa C, conforme pode ser verificado nas Figuras 19b, 19c, 19d, 20b, 20c, 20d, 21b, 21c e 21d.

Além disso, observa-se que todas as categorias têm grande importância para o princípio da descentralização, obtendo nota máxima segundo os especialistas do Delphi. Isso mostra que esse é um dos principais princípios da indústria 4.0, pelo fato dos sistemas cyber-físicos permitirem a perfeita conexão e comunicação entre máquinas, além de ter capacidade para capturar, extrair e analisar dados em tempo real, permitindo que diferentes setores possam tomar decisões de maneira independente de um sistema central. Enquanto isso, no caso da padronização e capacidade de operação em tempo real, apenas as categorias metodológica e técnica obtiveram nota máxima.

Quanto às avaliações fornecidas pelo Entrevistado C referentes à sua equipe, se observa que, em primeiro lugar, as competências da categoria técnica são as que mais precisam se desenvolver, exceto a competência com relação a controle de qualidade, que obteve nota máxima. Em segundo lugar vem a categoria metodológica, seguida da categoria social e, por último, a categoria pessoal. Nessa última categoria, é possível notar várias notas máximas para competências como criatividade, escuta ativa, colaboração e competências para trabalhar em situações de estresse, mostrando que em termos de competências da categoria pessoal a Empresa C está bem desenvolvida e apta para a implementação das tecnologias da indústria 4.0.

5.2.2 Análise entre os casos e discussão

Nesta seção serão comparados os resultados das empresas A, B e C, de acordo com os princípios que eles têm em comum, segundo as categorias pessoais, sociais, metodológicas e técnicas. No caso da Empresa A, ela será comparada apenas com a Empresa B com relação ao

princípio da virtualização, e a Empresa B será comparada também com a Empresa C com relação aos princípios da padronização e capacidade de operação em tempo real.

5.2.2.1 Princípio da virtualização

A Figura 22 apresenta os resultados dos estudos de caso das Empresa A e B comparando com a avaliação dos especialistas (*Delphi*) para o princípio da virtualização. A Figura 22a apresenta que, em termos de competências pessoais, apenas a Empresa A está no caminho do princípio da virtualização, pois a média das notas das competências pessoais está acima da nota atribuída pelos especialistas do *Delphi* para a virtualização. Isso pode ser explicado pelo fato de a Empresa A já ter nascido inserida dentro do contexto da indústria 4.0, portanto, quando comparada à Empresa B em relação ao princípio da virtualização, esta encontra-se em estágio mais avançado. Dessa forma, individualmente, as notas das competências pessoais da Empresa A estão mais elevadas que da Empresa B, uma vez que a Empresa precisa de funcionários com motivação para aprender e pensamento crítico, entre outras características para lidarem com as tecnologias relacionadas aos princípios da virtualização. Tal fato mostra que na hora da contratação a primeira empresa se preocupa em ter colaboradores que possuem essas competências bem desenvolvidas, tendo em vista que ela não investe em treinamento e qualificação da equipe nesse sentido. Entretanto, Kazancoglu & Ozkan-Ozen (2018) consideram que o recrutamento será um desafio para as empresas devido a mudanças significativas nos ambientes de trabalho, sendo necessárias novas abordagens na hora da contratação para a escolha do funcionário certo. Nesse contexto, observa-se que a Empresa A está no caminho certo no que se refere a um processo de recrutamento apropriado para a indústria 4.0.

Entretanto, a Empresa A não possui colaboradores com a competência de autogestão, e isso interfere diretamente no desempenho da equipe, no engajamento e na maior capacidade de adaptação. Isso mostra que os colaboradores precisam, a todo momento, consultar o líder direto para tomar decisões, para implementar ideias e melhorar processos, com isso impactando em princípios como a capacidade de operação em tempo real, que espera que o colaborador tome decisões rápidas para evitar que o processo seja interrompido, por exemplo. No que se refere à Empresa B, ela precisa também desenvolver autogestão, visualização e escuta ativa, mesmo sendo uma empresa que se diz focada no cliente.

Na Figura 22b é possível observar que a Empresa A se destaca novamente no que tange às competências da categoria social, possuindo uma média de competências maior que a

Empresa B, que precisa desenvolver melhor competências como inteligência emocional, persuasão e capacidade de liderar. Apesar disso, tanto a Empresa A quanto a Empresa B estão no caminho do princípio da virtualização, no que se refere à categoria social.

Figura 22 - Cruzamento dos resultados do Delphi com os Estudos de Caso: Empresas A e B

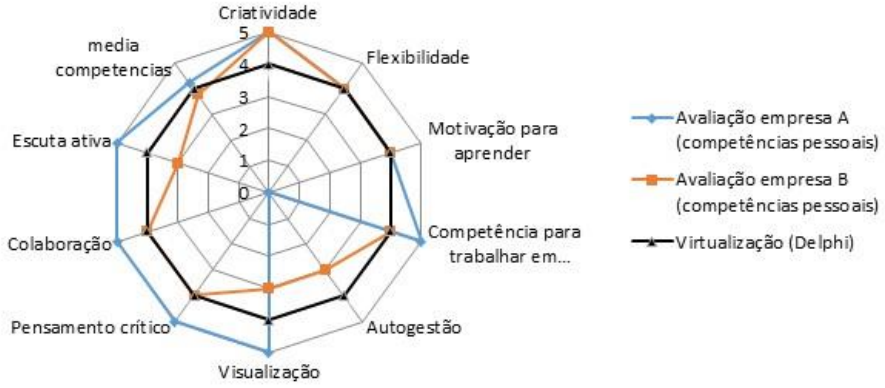


Figura 22a. Categoria pessoal: Empresas A e B

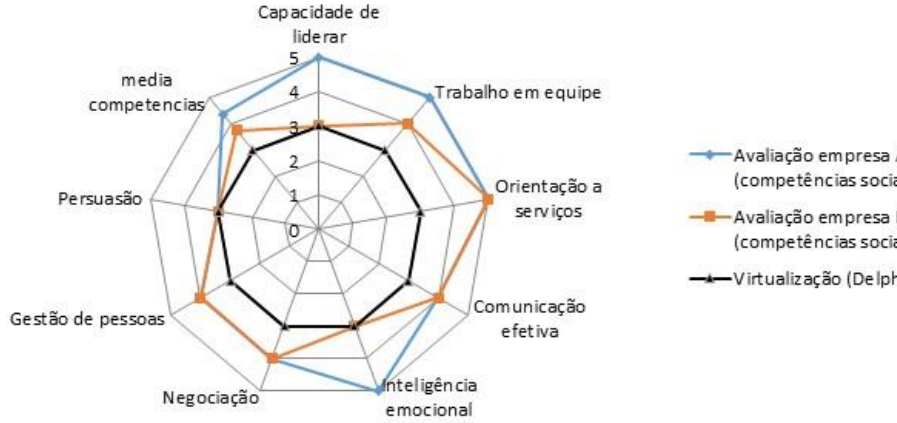


Figura 22 b. Categoria social: Empresas A e B

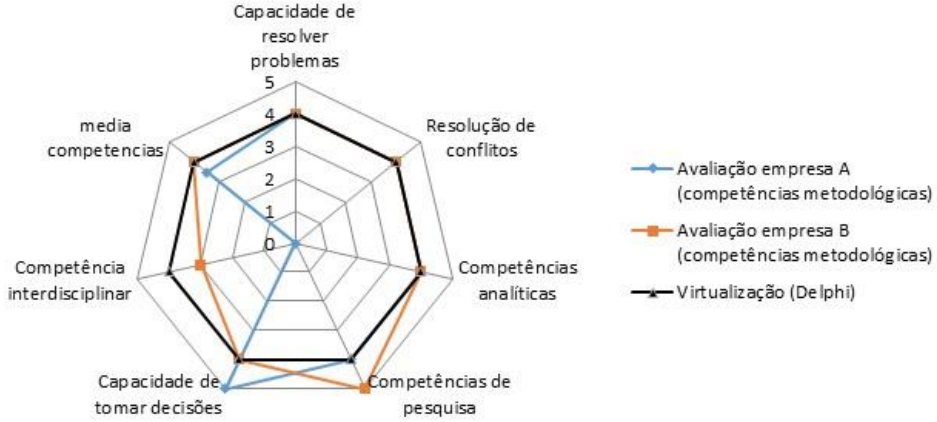


Figura 22c. Categoria metodológica: Empresas A e B

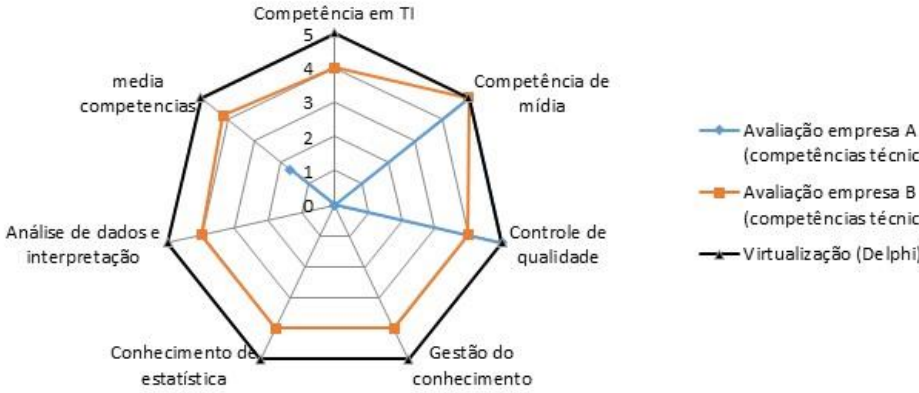


Figura 22 d. Categoria técnica: Empresas A e B

Na literatura, segundo Barber (2018) e Rampasso *et al.* (2020), o mundo do trabalho procura pessoas criativas, adaptáveis e emocionalmente inteligentes, que são capazes de fazer julgamentos sólidos e resolver problemas e tudo isso está relacionado às competências mais suaves (*soft skills*), como por exemplo competências pessoais e sociais, que são mais difíceis de desenvolver. Entretanto, tanto a Empresa A quanto a Empresa B as possuem de forma bem desenvolvida, tendo destaque para a Empresa A que se sobressai. Além disso, quanto mais desenvolvidas forem competências como flexibilidade, motivação para aprender, autogestão, pensamento crítico, trabalho em equipe, comunicação efetiva e inteligência emocional, por exemplo, que são competências pessoais e sociais, a tendência é que, com o passar do tempo, a categoria técnica também passe a ser desenvolvida por consequência, mas precisa ser algo que passa a ser estimulado na equipe. Um exemplo é o fato de que uma pessoa motivada a aprender (competência pessoal) tem maior facilidade para adquirir competências técnicas do que aquela que não possui.

Com relação à categoria metodológica (Figura 22c), a Empresa A ainda precisa desenvolver em seus colaboradores a competência interdisciplinar. Já a Empresa B possui uma situação um pouco melhor em relação à Empresa A, mas ainda precisa investir mais em competências como capacidade de resolver problemas, resolução de conflitos, competências analíticas, capacidade de tomar decisões e competência interdisciplinar. A literatura considera que para as fábricas inteligentes, competências interdisciplinares de engenharia, tecnologia da informação e ciência da computação são requeridas e necessárias (JERMAN *et al.*, 2018; RAMPASSO *et al.*, 2020).

No que se refere à categoria técnica, na Figura 22d, a Empresa A está muito distante do princípio da virtualização, pois precisa desenvolver competências em TI, em gestão do conhecimento, em conhecimento de estatística e em análise de dados e interpretação. Essas duas últimas competências são fundamentais para lidar com tecnologias como Big Data, aprendizado de máquina (*Machine Learning*), inteligência artificial e sistemas de computação em nuvem, que são tecnologias presentes na Empresa A. Entretanto, nota-se que apenas o fundador dessa empresa tem domínio sobre essas competências, o que pode impedir essa empresa avançar nos princípios e, consequentemente na adoção de determinadas tecnologias da indústria 4.0, sendo este um dos motivos que faz com que a empresa apenas adote a virtualização como princípio. Entretanto, convém destacar que nessa Empresa os funcionários que foram avaliados atuam em áreas como digital *tailer*, molde e costura e, por esse motivo, algumas competências técnicas necessárias para lidar com os desafios da indústria 4.0 não estão presentes nos funcionários dessas áreas.

Assim, a ausência de treinamento e qualificação da equipe da Empresa A para o desenvolvimento de competências apropriadas repercute nas notas da categoria técnica, que se apresentam bem distantes das notas consideradas adequadas pelos especialistas do Delphi. Por exemplo, analisar dados e interpretá-los é fundamental para lidar com as tecnologias da indústria 4.0 e, consequentemente, com os princípios. Caso a equipe tivesse essa competência bem desenvolvida, poderia desenvolver o princípio da capacidade de operação em tempo real, que refere-se a capacidade de capturar, extrair e analisar dados em tempo real.

Em contrapartida, considerando que os funcionários da Empresa B que foram avaliados atuavam na área de marketing e vendas, é natural que algumas competências técnicas sejam mais bem desenvolvidas nesse perfil de funcionários. Isso se comprovou na avaliação, com a Empresa B tendo notas altas em todas as competências da categoria técnica. Destaca-se que nessa Empresa ainda é importante focar em desenvolver competências de outras categorias que merecem mais atenção, para que possa alcançar outros princípios. Essas competências são a interdisciplinar, persuasão, inteligência emocional, capacidade de liderar, escuta ativa, visualização e autogestão. O desenvolvimento dessas competências, principalmente da liderança e autogestão, irá auxiliar os colaboradores a serem mais autônomos e independentes para tomarem decisões adequadas e rápidas, além de desenvolverem a capacidade de aprender por conta própria, o que favorece a implementação de praticamente todas as tecnologias da indústria 4.0.

Em todas as categorias foram apontadas competências que precisam ser melhores desenvolvidas. Segundo Hecklau *et al.* (2016), embora o desenvolvimento de competências vise identificar as competências necessárias e, subsequentemente, ajude a revelar lacunas críticas, o objetivo da qualificação é fechar essas lacunas. Portanto, as empresas precisam qualificar seus funcionários para tarefas mais estratégicas, coordenadoras e criativas com responsabilidades maiores, o que reforça a importância de competências voltadas para liderança e autogestão.

Apesar da Empresa A já ter nascido inserida no contexto da indústria 4.0, por ser uma *startup*, ela precisa desenvolver bastante as suas competências técnicas no que se refere à virtualização. Isso implica que análise de dados e interpretação, conhecimento de estatística e gestão do conhecimento são competências fundamentais para oferecer o serviço de mapeamento do corpo das pessoas, de modo a criar roupas customizadas. Enquanto que a Empresa B, que precisou se adaptar à indústria 4.0, possui essas competências bem desenvolvidas, tendo em vista que é uma empresa que é referência em inovação tecnológica no

mundo inteiro. É uma empresa que possui tecnologias que possibilitam criar e visualizar croquis de uma coleção sem precisar de molde, por exemplo.

5.2.2.2 Princípio da padronização e capacidade de operação em tempo real

As Figuras 23 e 24 apresentam os resultados dos estudos de caso das Empresas B e C comparando com os resultados do Delphi para os princípios da padronização e capacidade de operação em tempo real.

Figura 23 - Cruzamento dos resultados do Delphi com os Estudos de Caso: Empresas B e C – Princípio da padronização

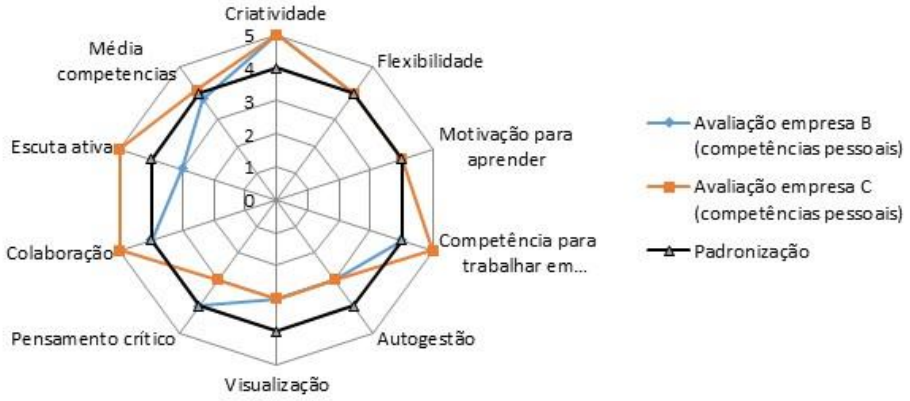


Figura 23a. Categoria pessoal – Padronização: Empresas B e C

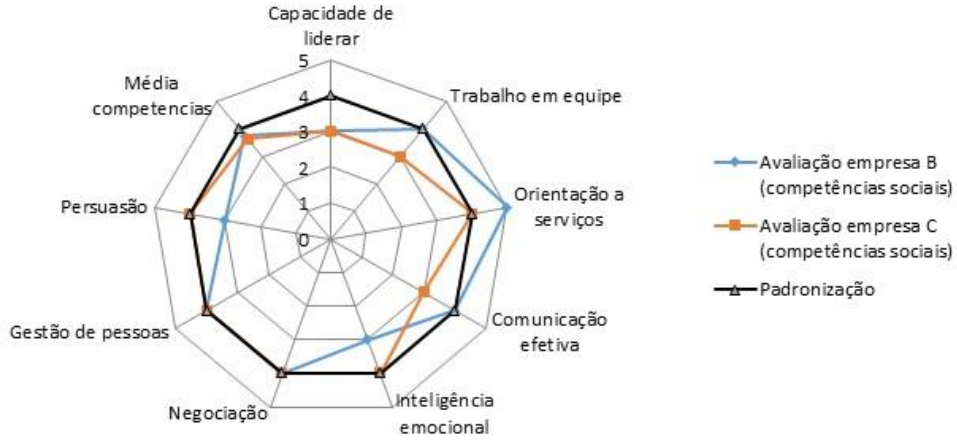


Figura 23 b. Categoria social – Padronização: Empresas B e C

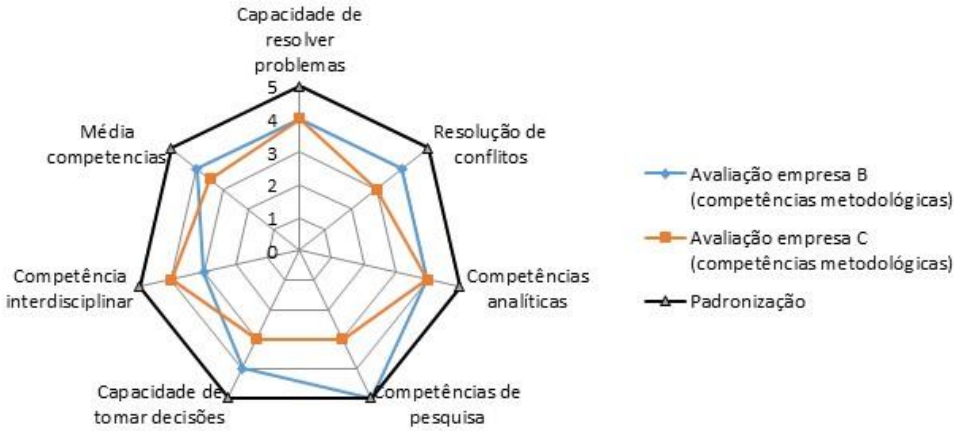


Figura 23 c. Categoria metodológica – Padronização: Empresas B e C

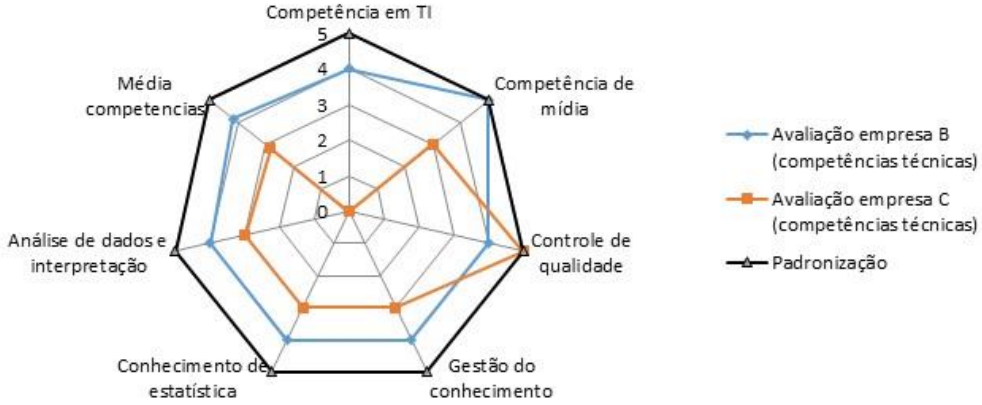


Figura 23 d. Categoria técnica – Padronização: Empresas B e C

Figura 24 - Cruzamento dos resultados do Delphi com os Estudos de Caso: Empresas B e C – Princípio da capacidade de operação em tempo real

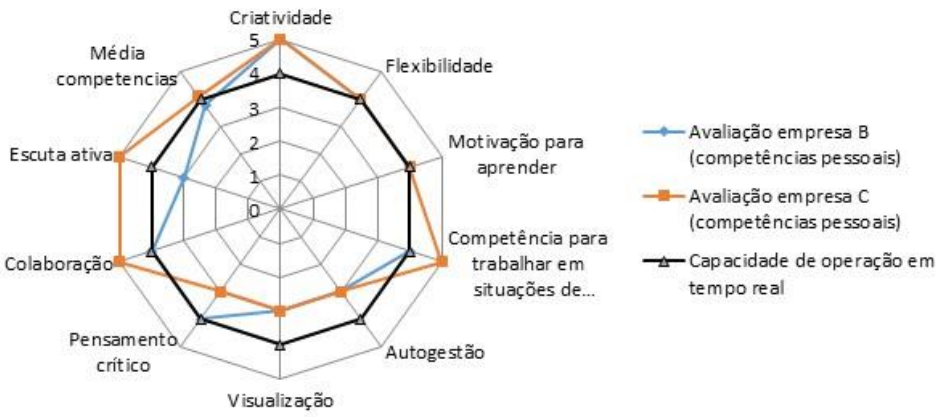


Figura 24a. Categoria pessoal – Capacidade de operação em tempo real: Empresas B e C

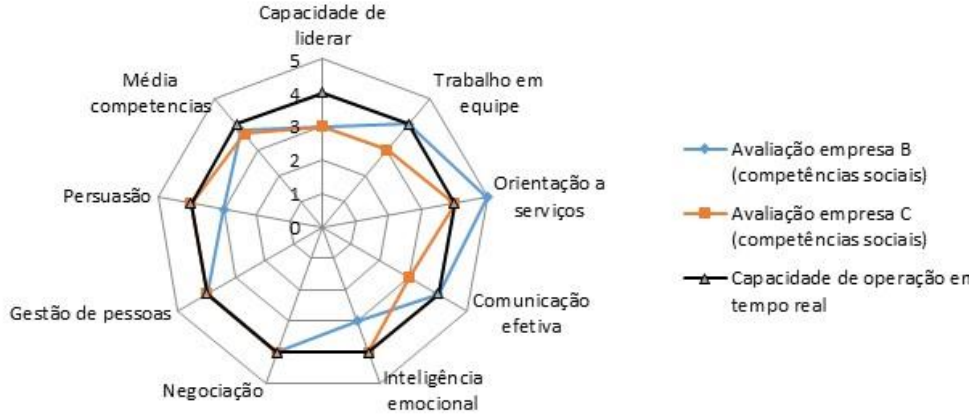


Figura 24 b. Categoria social – Capacidade de operação em tempo real: Empresas B e

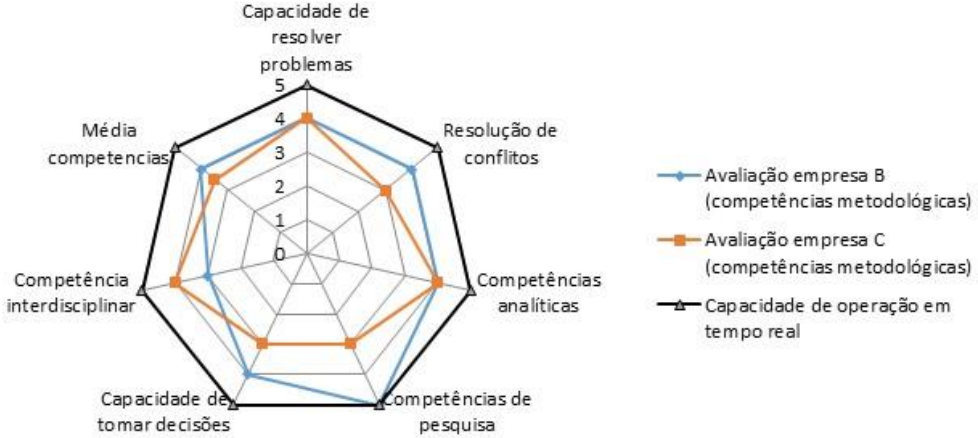


Figura 24 c. Categoria metodológica – Capacidade de operação em tempo real: Empresas B e C

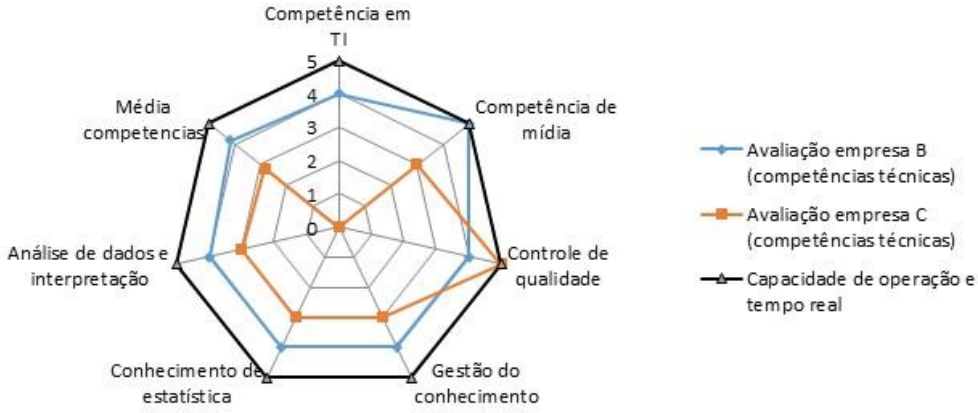


Figura 24 d. Categoria técnica – Capacidade de operação em tempo real: Empresas B e

O que se observa nas Figuras 23a e 24a é que somente a Empresa C está se desenvolvendo em direção aos princípios da padronização e capacidade de operação em tempo real, em termos de categoria pessoal, apresentando melhores resultados do que os especialistas recomendam. Já a Empresa B precisa aprimorar competências como visualização, autogestão e escuta ativa, que estão com notas baixas para poder se considerar inserida nesses princípios. Além disso, muitas dessas competências são importantes para a adoção desses princípios citados, como por exemplo colaboração, pensamento crítico, motivação para aprender, flexibilidade e escuta ativa.

Segundo Erol *et al.* (2016), a indústria 4.0 levará a uma maior automação das tarefas de rotina, o que implica que os trabalhadores terão que enfrentar o fato de que suas tarefas atuais não existirão mais no futuro. Tal perspectiva sobre o futuro do próprio trabalho requer a capacidade de ver o quadro geral da sociedade como um todo (os desafios como escassez de recursos e oportunidades), as oportunidades para o próprio desenvolvimento e o compromisso com a aprendizagem ao longo da vida como uma responsabilidade própria (EROL *et al.*, 2016). Isso implica que competências como autogestão e motivação para aprender são fundamentais para superar os desafios da indústria 4.0. No caso da motivação para aprender, tanto a Empresa B quanto a Empresa C possuem esta competência bem desenvolvida, mas precisam melhorar a competência da autogestão em seus colaboradores.

Nas Figuras 23b e 24b, é possível notar que a média das competências da categoria social das Empresas B e C estão muito próximas, mas se encontra abaixo da nota atribuída pelos especialistas para os princípios da padronização e capacidade de operação em tempo real. Essa proximidade das notas entre a categoria ora citada pode ser explicada pelas semelhanças entre as duas organizações em relação no que tange a necessidade de se adaptarem em relação aos princípios e tecnologias da indústria 4.0 Para adoção desses princípios, existem algumas competências sociais que são essenciais, como por exemplo inteligência emocional, comunicação efetiva, trabalho em equipe e orientação a serviços. Caso ocorra uma falha em uma máquina, que está sendo monitorada em tempo real, é preciso inteligência emocional para analisar os dados dela, comunicar-se com a área responsável de modo a trabalhar em equipe para se tomar uma decisão a respeito.

Na literatura, segundo Prifti *et al.* (2017), as competências comportamentais, pessoais e sociais, são as mais importantes que os funcionários devem trazer, pois focam em atributos além da habilidade cognitiva, como autoconsciência, autorregulação e habilidades sociais. Sendo assim, é importante as empresas se concentrarem em analisarem como o perfil de

competência dos funcionários de hoje pode ser adaptado para a indústria 4.0, definindo estratégias para tal objetivo (PRIFTI *et al.*, 2017).

Nas Figuras 23c e 24c, as notas atribuídas pelos especialistas do Delphi para influência da categoria metodológica sobre os princípios da padronização e capacidade de operação em tempo real foram máximas. Entretanto, as Empresas B e C ainda precisam aprimorar as competências da categoria metodológica e, portanto, pode-se afirmar que estes princípios ainda não foram totalmente alcançados. Tal fato pode ser explicado por algumas razões, como por exemplo, o princípio da capacidade de operação em tempo real no ramo da educação, que é o caso de empresas que estão adaptando seus sistemas para implementar soluções de aprendizado de máquina, que dispensa a presença do professor em determinadas etapas do aprendizado. Isso é possível por meio de uma inteligência artificial que funciona como um professor 24 horas por dia para sanar dúvidas dos alunos e ajudá-los nos estudos. Nesse exemplo, as competências que farão mais sentido para serem desenvolvidas são a competência interdisciplinar, capacidade de tomar decisões, competências de pesquisa, analíticas e capacidade de resolver problemas.

Em termos de categoria técnica, nas Figuras 23d e 24d, mostram que as Empresas B e C não estão no caminho dos princípios da padronização e capacidade de operação em tempo real, apesar da Empresa B estar mais próxima disso. Isso pode ser explicado pelo porte das empresas, pois a Empresa B é uma organização de menor porte (com 200 funcionários), enquanto a Empresa C possui um porte maior (40.000 funcionários). Dessa forma, algumas das competências relacionadas à categoria "técnicas" podem ser mais fáceis de desenvolver e gerenciar em seus funcionários. As competências técnicas relevantes para esses princípios são a competência em TI, que envolve a capacidade de programar, análise de dados e interpretação e conhecimento em estatística, competências que ainda precisam ser aprimoradas das duas organizações.

A falta de uma competência em TI e análise de dados e interpretação prejudica a implementação de tecnologias como a internet das coisas (IoT), aprendizado de máquina (*machine learning*), *big data* e inteligência artificial. Todas essas tecnologias envolvem a manipulação com dados e exigem a capacidade de saber programar, que está associada à competência em TI. Sem essas competências não é possível, por exemplo, promover a perfeita conexão e comunicação entre máquinas, de modo que elas possam aprender entre si para melhorar processos. Isso impede a interação entre muitas fontes heterogêneas de dados e muitos dispositivos heterogêneos (princípio da padronização), e também impede a capacidade de um sistema para capturar, extrair e analisar dados em tempo real (princípio da capacidade de operação em tempo real).

Apesar dos especialistas do Delphi considerar de extrema importância a categoria técnica, Van Laar *et al.* (2017) e Rampasso *et al.* (2020) consideram que os funcionários não precisam apenas de uma preparação técnica excelente, eles também precisam de competências suficientes para se adaptarem às mudanças de requisitos do trabalho. A maneira como alguém pensa, resolve problemas e aprende tem um impacto maior na capacidade de uma pessoa de funcionar em uma sociedade tecnologicamente rica, do que apenas saber sobre um *software* específico, e isso está associado às competências pessoais e sociais (VAN LAAR *et al.*, 2017). Em geral, as competências do século 21, que de certa forma estão associadas à indústria 4.0, incluem colaboração, comunicação, resolução de problemas, pensamento crítico e criatividade e elas determinam em grande medida a competitividade das organizações e a capacidade de impulsionar a inovação (VAN LAAR *et al.*, 2017).

No que se refere às Empresas B e C, elas possuem um porte bem diferente uma da outra, tendo em vista que a Empresa C é mais antiga e com um número muito maior de funcionários, o que faz com que dificulte a transição dela para a indústria 4.0. Devido a esse fato, as competências técnicas nessa Empresa precisam ser melhor desenvolvidas, principalmente com relação à competência em TI, que é um serviço terceirizado. Com relação às outras competências, principalmente as pessoais e sociais, a Empresa C está bem desenvolvida. Enquanto isso, a Empresa B possui porte médio e está bem a frente da Empresa C no que se refere às tecnologias da indústria 4.0, pois possui equipamentos que permitem cronometrar a hora, dia, semana e mês da produção, alinhados com os objetivos da empresa e fornecidos automaticamente para tomada de decisões com segurança, equipamento que permite conectar pessoas e equipamentos, trazendo solução ideal para o planejamento e gestão de enfestos de tecido e cortes, além de outras tecnologias mais desenvolvidas que a Empresa C, que possui tecnologias simples de confecção de roupas para o público feminino, masculino, infantil e moda íntima. No que se refere às competências, a principal diferença entre essas duas Empresas está na categoria técnica, em que a Empresa B se mostra muito a frente da Empresa C, principalmente devido ao fato de deter tecnologias mais avançadas.

5.2.2.3 Princípios da interoperabilidade, orientação a serviços, modularidade e descentralização

Nos estudos de caso, os princípios da interoperabilidade, orientação a serviços, modularidade e descentralização não são comuns entre as Empresas A, B e C, o que também pode ser explicado pelas diferenças entre as empresas. Entretanto, são princípios importantes

para o bom funcionamento da indústria 4.0 e estão presentes: a interoperabilidade na Empresa B e a descentralização na Empresa C. Os princípios da orientação a serviços e modularidade não estão presentes em nenhuma empresa. A interoperabilidade permite a perfeita conexão e comunicação entre máquinas, dispositivos, sensores e pessoas, formando a base de uma colaboração conjunta para o alcance de objetivos comuns. Para conectar tudo isso, os padrões de comunicação são de grande importância e permitem a combinação flexível de máquinas modulares de diferentes fornecedores, permitindo que as fábricas inteligentes se adaptem com flexibilidade às demandas flutuantes do mercado (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016). Entretanto, a medida que aumenta o número de conexões entre máquinas, dispositivos, sensores e pessoas, cresce também os interesses monetários e políticos que alavancam o número de ataques prejudiciais às instalações de produção da indústria 4.0 e, consequentemente aumenta a necessidade de segurança cibernética (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016). Sendo assim, é importante o desenvolvimento da competência em TI para poder gerenciar as redes que vão se formando a partir da conexão entre vários dispositivos em uma fábrica inteligente.

Através do princípio da interoperabilidade, é possível que sistemas se comuniquem com peças que estão sendo produzidas ou no estoque, com embalagens de produtos por meio da tecnologia RFID (*Radio-Frequency Identification*), que transmite informações sobre os produtos, e com toda a empresa de modo que as informações sejam tratadas de forma única. Além disso, a interoperabilidade permite a integração entre clientes e fornecedores através de sistemas de computação em nuvem, tratando conjuntamente as informações. As tecnologias que promovem esse princípio são a Internet das Coisas (IoT), que permite a conexão entre objetos através da internet, que combinada com Big Data auxilia na exploração de dados a fim de acelerar o processo de tomada de decisão, além de sistemas de computação em nuvem que permite o uso remoto de recursos computacionais, por meio de qualquer aparelho conectado à internet.

Para a utilização dessas tecnologias, é importante o desenvolvimento de competências como motivação para aprender, pensamento crítico para fazer as análises de dados de forma assertiva, capacidade de resolver problemas, capacidade de tomar decisões, competência em TI e análise de dados e interpretação. É importante destacar que as *soft skills*, que são competências relacionadas ao comportamento humano e que envolvem as competências pessoais, sociais e metodológicas, são primordiais para o desenvolvimento das competências técnicas, tendo em vista que é importante a pessoa ter a capacidade de resolver problemas para poder ter a competência em TI, por exemplo, para resolver problemas de programação e segurança cibernética.

No que se refere ao princípio da descentralização, ele é um dos princípios mais importantes e que traz uma grande mudança nas fábricas inteligentes e fora dela, principalmente no que se refere a reduzir custos e diminuir os erros, pois os equipamentos passam a fornecer informações sobre seus ciclos de trabalho, emitindo relatórios e gráficos de desempenho. Isso permite que se possa tomar decisões para reduzir custos de manutenção, queda no consumo de energia, aumento da produtividade e melhoria na qualidade dos processos. Além disso, a descentralização é possível graças a maior integração dos sistemas (graças a interoperabilidade), permitindo que cada área possa tomar decisões de melhoria baseada nos dados que recebe em tempo real. Essas mudanças devido à descentralização vão além das fábricas inteligentes e podem acontecer nos hospitais, de modo que através da análise de dados e aprendizado de máquina (*machine learning*) é possível organizar um fluxo de atendimento, de acordo com a demanda, e ensinar às máquinas diferentes maneiras de organizar o atendimento de modo que ele possa ser eficiente e rápido, melhorando a experiência de médicos, enfermeiros, recepcionistas e pacientes. Para a implementação desse princípio, é necessário o desenvolvimento de competências técnicas, principalmente competência de análise de dados e interpretação, controle de qualidade e competência em TI, que irão favorecer a implementação de tecnologias que promovem esse princípio, como é o caso do aprendizado de máquina.

Com relação à modularidade, este é um princípio que representa a capacidade de um sistema de adaptar-se a diferentes entradas externas ou requisitos diferentes, substituindo ou expandindo módulos individuais, permitindo uma maior personalização dos produtos. Isso é possível também graças aos sistemas cada vez mais integrados (interoperabilidade), que disponibilizam um número cada vez maior de dados nas indústrias e permite também prever a demanda exata da produção por meio da interação automática com os clientes, sendo possível saber a quem se destinará cada produto e com qual frequência ele deverá ser entregue, o que abre espaço para o acoplamento e desacoplamento de módulos na produção. Com isso, a modularidade possibilita mais flexibilidade, redução de custos com estoques e contribui para uma excelente experiência do cliente.

Para implementação do princípio da modularidade, são necessárias competências principalmente pessoais e sociais, como por exemplo criatividade para entregar produtos cada vez mais customizados, flexibilidade para lidar com as demandas inesperadas de clientes, orientação a serviços, competência para trabalhar em situações de estresse e capacidade de resolver problemas.

No que se refere ao princípio da orientação a serviços, este se refere a capacidade de objetos se conectarem e terem acesso aos serviços fornecidos nos sistemas ciber-físicos e na fábrica inteligente via Internet de Serviços (IoS). A Internet de Serviços está relacionada ao atrelamento de serviços à Internet das Coisas (IoT) gerando serviços intrinsecamente ligados a ela. Por exemplo, um sistema ciber-físico pode monitorar indicadores de um elevador e pode ser oferecido um serviço de manutenção preditiva, de modo que são feitas intervenções já programadas, com base nos indicadores do equipamento. O serviço oferecido tem o intuito de verificar a necessidade de manutenção, eliminando desmontagens desnecessárias e aumentando a segurança do elevador.

Para implementação do princípio da orientação a serviços, é importante desenvolver *soft skills*, competências comportamentais como por exemplo pessoais, sociais e metodológicas, como flexibilidade para lidar com as diferentes demandas dos clientes, escuta ativa para ter clareza do que os clientes buscam, capacidade de resolver problemas para solucionar qualquer tipo de desafio, comunicação efetiva, persuasão e negociação para poder convencer o cliente sobre a importância do serviço oferecido através da Internet das Coisas.

5.2.3 Reflexões finais sobre a análise entre os casos

Esta seção apresenta algumas reflexões finais sobre a análise entre os casos, apresentando uma síntese da pesquisa, mostrando os princípios que foram adotados pelas empresas, os que não foram adotados, categorias de competências que precisam de uma maior atenção por parte das empresas e aquelas que apresentam notas acima do que recomenda os especialistas em relação aos princípios analisados. O Quadro 42 apresenta uma síntese da pesquisa, relacionando as competências com os princípios de acordo com cada empresa avaliada.

Quadro 42 - Relação das competências com os princípios de acordo com cada empresa avaliada

Competências	**Princípios**									
	Virtualização		Padronização		Interoperabilidade	Capacidade de operação em tempo real		Orientação a serviços	Modularidade	Descentralização
Pessoais	A	B	B	C	B	B	C			C
Sociais	A	B	B	C	B	B	C			C
Metodológicas	A	B	B	C	B	B	C			C
Técnicas	A	B	B	C	B	B	C			C

Verde: acima da opinião dos especialistas
Amarelo: igual com a opinião dos especialistas
Vermelho: abaixo da opinião dos especialistas

Fonte: Próprio autor

O Quadro 42 apresenta que os únicos princípios que não foram adotados por nenhuma empresa foram a orientação a serviços e a modularidade. Isso mostra que, em um processo produtivo, em caso de falhas, essas empresas terão problemas em permutar as tarefas das máquinas, não permitindo acoplamento e desacoplamento de módulos na produção, nem ampliação ou redução da capacidade produtiva de maneira rápida.

Observa-se que a Empresa A, embora tenha considerado apenas o princípio da virtualização, está bem desenvolvida em termos de competências das categorias pessoal e social. Competências como flexibilidade permitem a execução de multitarefas e de processos cada vez mais eficientes, pois a manutenção preditiva, apesar de ser programada, não evita que máquinas criem demandas ou incidentes a qualquer momento do dia, aumentando a necessidade de ações fora do habitual. Entretanto, a Empresa A precisa dar uma maior atenção para a categoria metodológica e técnica, especialmente para competências como análise de dados e interpretação, competência em TI, gestão do conhecimento e conhecimento de estatística, de modo que seja possível monitorar qualquer processo físico dentro de um ambiente de trabalho.

Enquanto isso, a Empresa B precisa reservar uma maior atenção à relação entre as competências pessoais, sociais, metodológicas e técnicas e os princípios da padronização e da capacidade de operação em tempo real. Isso mostra que dentro dessa empresa não há uma perfeita interação entre fontes heterogêneas de dados e dispositivos heterogêneos, o que dificulta a troca de informação entre eles e, em caso de falha de equipamento, o tempo para resolver o problema se torna longo, criando assim gargalos no processo produtivo. No caso da virtualização, a Empresa B tem se destacado na categoria social e metodológica, o que mostra que essa empresa possui, por exemplo, boa capacidade de tomar decisões e de resolver problemas contribuindo para que haja maior assertividade na tomada de decisão, em qualquer tipo de situação durante o processo fabril, possibilitando um ganho enorme na detecção de falhas e na predição. Enquanto isso, no caso da interoperabilidade, a Empresa B está desenvolvida apenas com relação à categoria metodológica, podendo direcionar os seus investimentos para as outras categorias que estão deficitárias e que englobam competências importantes como a interdisciplinar, capacidade de liderar e autogestão. A competência interdisciplinar contribui de maneira significativa para a implementação de tecnologias como a internet das coisas e sistemas de computação em nuvem, pois são necessários conhecimentos em engenharia e ciências da computação, e a implementação dessas tecnologias contribui para haver interação entre humanos e máquinas, promovendo a interoperabilidade.

No caso da Empresa C, embora ela tenha avaliado as suas competências em relação à três princípios: padronização, capacidade de operação em tempo real e descentralização, ela auto avaliou bem (acima do recomendado pelos especialistas) apenas em relação à categoria pessoal no que tange ao princípio de capacidade de operação em tempo real. Dessa forma, para todos os outros princípios considerados, todas as competências profissionais avaliadas precisam de aprimoramento.

Por exemplo, para o princípio da capacidade de operação em tempo real é necessário o desenvolvimento das categorias sociais, metodológicas e técnicas, especialmente competências como a capacidade de liderar, capacidade de tomar decisões e análise de dados e interpretação. Essas três competências são muito importantes para esse princípio, tendo em vista que um líder precisa ser capaz de analisar dados e interpretá-los para tomar decisões de forma rápida em um cenário de indústria 4.0, de modo a evitar atrasos no processo produtivo. Sendo assim, a Empresa C precisa focar nessas competências para garantir a adoção do princípio da capacidade de operação em tempo real. Entretanto, a Empresa C possui competências pessoais importantes como flexibilidade e motivação para aprender, o que contribui para o desenvolvimento das outras competências.

Com relação ao princípio da descentralização, as fábricas inteligentes possuem sistemas cyber-físicos capazes de aprender por si só (*machine learning*) e de tomar decisões sem a intervenção humana, de acordo com as necessidades da produção em tempo real. Para esse princípio, a Empresa C precisa desenvolver todas as categorias, especialmente competências como pensamento crítico, capacidade de liderar, resolução de conflitos, competência em TI e análise de dados e interpretação, de modo a conseguir gerenciar os processos e as pessoas que estão cuidando desses processos.

No que se refere ao princípio da padronização, este é um princípio que promove a interoperabilidade, pois permite a interação entre muitas fontes heterogêneas de dados e muitos dispositivos heterogêneos. No caso da Empresa C, ela precisa desenvolver as categorias sociais, metodológicas e técnicas, especialmente competências como competência em TI, controle de qualidade e análise de dados e interpretação, pois isso irá permitir a integração entre os dispositivos inteligentes na fábrica. Entretanto, o que irá contribuir para o desenvolvimento dessas competências será a motivação para aprender da equipe, que é uma competência pessoal e está bem avaliada. Para o princípio da padronização, a categoria pessoal está bem avaliada e, por essa razão, a Empresa C tem tudo para conseguir desenvolver principalmente as competências técnicas para adotar com consistência o princípio da padronização.

O próximo capítulo discorre sobre a conclusão do trabalho, conforme se verifica a seguir.

6. CONCLUSÃO

Em todas as revoluções industriais, houve um impacto significativo na relação entre o homem e o trabalho, principalmente na qualificação dos funcionários, de modo que novos perfis profissionais foram exigidos. A quarta revolução industrial não é diferente, tendo em vista que o foco principal está nas competências profissionais necessárias para atuar nesta nova realidade. Essa dissertação teve como objetivo propor um procedimento de avaliação para avaliar as competências profissionais para a adoção das tecnologias da indústria 4.0 e seus princípios. Assim, este capítulo apresenta se os objetivos foram atingidos, contribuições teóricas e práticas, limitações e oportunidades para pesquisas futuras.

6.1 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS E PROBLEMA DE PESQUISA

Esta dissertação teve como objetivo geral propor um procedimento de avaliação das competências profissionais para adoção das tecnologias da indústria 4.0, assim como dos seus princípios. A partir desse objetivo principal, foram gerados os objetivos específicos (OE), que foram atendidos e são comentados a seguir.

OE 1: Mapear os princípios da indústria 4.0

A partir da revisão da literatura foram identificados os sete princípios fundamentais que ajudam as empresas a identificar e implementar as tecnologias da indústria 4.0, conforme apresentados no Quadro 7 e são eles: interoperabilidade, padronização, virtualização, capacidade de operação em tempo real, orientação a serviços, modularidade e descentralização.

OE 2: Identificar as competências profissionais requeridas pela indústria 4.0

A partir da revisão da literatura foram identificadas as competências profissionais requeridas pela indústria 4.0, divididas nas categorias pessoais, sociais, metodológicas e técnicas conforme apresentado no Quadro 15. As competências da categoria pessoal englobam: criatividade, flexibilidade, motivação para aprender, competência para trabalhar em situações de estresse, autogestão, visualização, pensamento crítico, colaboração e escuta ativa. Já as competências da categoria social englobam: capacidade de liderar, trabalho em equipe, orientação a serviços, comunicação efetiva, inteligência emocional, negociação, gestão de pessoas e persuasão. As competências da categoria metodológica incluem: capacidade de

resolver problemas, resolução de conflitos, competências analíticas, competências de pesquisa, capacidade de tomar decisões e competência interdisciplinar. E, por fim, as competências da categoria técnica incluem: competência em TI (Tecnologia da Informação), competência de mídia, controle de qualidade, gestão do conhecimento, conhecimento de estatística e análise de dados e interpretação.

OE3 3: Identificar e analisar as relações entre as competências profissionais e os princípios da indústria 4.0, considerando a opinião de especialistas.

Por meio da técnica do Delphi foi possível obter as avaliações dos especialistas sobre a alocação das competências dentro das categorias (Figura 12). Essa Figura apresenta o percentual de concordância dos especialistas na alocação das competências dentro das categorias, enquanto que os Quadros 23, 24, 25 e 26 apresentam a relação de cada categoria com cada princípio. Como resultado, os especialistas destacaram a importância das competências técnicas para a implementação dos princípios da indústria 4.0. Entretanto, um grupo pequeno de especialistas na literatura destacam as competências sociais e pessoais como importantes, tendo em vista que a partir delas é possível desenvolver as competências técnicas.

OE 4: Aplicar e validar o procedimento de avaliação por meio de estudos de caso

O procedimento de avaliação foi aplicado em três empresas que estão inseridas no contexto da indústria 4.0. Cada empresa foi analisada de forma individual e, em seguida os dados foram cruzados. Dessa forma, observou-se que as Empresas entrevistadas estão bem desenvolvidas no que se refere às competências das categorias pessoal, social e metodológica, dependendo do princípio a que estão relacionadas. Entretanto, as competências da categoria técnica precisam ser melhor desenvolvidas, tendo em vista que é uma das categorias mais importantes para a indústria 4.0, segundo os especialistas do Delphi.

No que se refere à Empresa A, ela se encontra com competências da categoria pessoal e social melhor desenvolvidas em relação ao princípio da virtualização. Com relação à Empresa B, as competências das categorias social e metodológica estão melhor desenvolvidas em relação ao princípio da virtualização, mas com relação ao princípio da interoperabilidade, a Empresa B está desenvolvida apenas em relação às competências da categoria metodológica e, com relação aos princípios da padronização e capacidade de operação em tempo real, a Empresa B precisa se desenvolver com relação a todas as categorias de competências. No que se refere à Empresa C, ela apresenta uma boa avaliação com relação apenas às competências da categoria pessoal referente ao princípio da capacidade de operação em tempo real.

Diante das informações apresentadas, pode-se concluir que se os objetivos específicos foram atendidos, o objetivo geral também foi. O mesmo pode-se afirmar em relação aos questionamentos dessa pesquisa: “Como avaliar as competências profissionais relacionadas aos princípios da indústria 4.0”. Essa resposta foi obtida por meio do alcance dos objetivos ora citados.

6.2 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS E PRÁTICAS

Este trabalho apresenta algumas contribuições relevantes para a literatura, tais como: a identificação das principais competências profissionais exigidas pela indústria 4.0, relacionando-as aos princípios para sua implementação, definindo um grau de importância neste relacionamento, na opinião de especialistas, por meio da técnica Delphi. Além disso, esta pesquisa possibilitou relacionar os desafios da indústria 4.0 com as competências necessárias para enfrentá-los, o que até então não era encontrado na literatura.

Nesta dissertação, ao analisar a literatura, foi possível encontrar diferentes nomenclaturas e termos para as diferentes competências profissionais dentro do contexto da indústria 4.0. No entanto, muitas delas estavam relacionadas ao mesmo aspecto. Dessa forma, para facilitar nas etapas posteriores da pesquisa, essas competências foram analisadas e agrupadas em 4 grandes categorias, denominadas pessoal, social, metodológica e técnica, sendo esta mais uma contribuição da presente pesquisa.

A dissertação propôs um procedimento para avaliar as competências profissionais em relação aos princípios da indústria 4.0. Ao aplicar o procedimento por meio de três estudos de caso foi possível verificar como as empresas estão em relação aos princípios da indústria 4.0 bem como quais competências profissionais estão adequadas e quais ainda precisam ser desenvolvidas para a completa implementação das tecnologias da indústria 4.0. Dessa forma, os resultados trazem uma contribuição prática para gestores e tomadores de decisão das empresas estudadas. Além disso, o procedimento pode ser utilizado por outras organizações que queiram avaliar quais competências profissionais precisam melhorar e desenvolver no contexto dos funcionários de suas organizações, para alcançarem os princípios e implantar as tecnologias desse novo modelo.

6.3 LIMITAÇÕES E OPORTUNIDADES PARA NOVAS PESQUISAS

Essa dissertação também apresenta limitações que podem ser caminhos para futuras pesquisas. A primeira limitação está relacionada às competências profissionais que foram analisadas considerando os princípios da indústria 4.0. Assim, pesquisas futuras podem considerar as competências ora identificadas para implementar diferentes tecnologias da indústria 4.0. Em segundo lugar, essa pesquisa avaliou as competências profissionais de cada empresa, considerando o ponto de vista do gestor. Portanto, estudos futuros poderiam incluir a perspectiva dos funcionários.

Terceiro, pesquisas futuras podem abordar vários outros tópicos. Por exemplo, relacionar as competências profissionais apresentadas neste trabalho às diferentes profissões, gerenciando a qualificação e treinamento dos funcionários para o desenvolvimento das competências. Estudos futuros também poderão aplicar o procedimento de avaliação em empresas de diferentes setores por meio de um *survey* para ampliar a compreensão das competências profissionais exigidas para cada um dos princípios da indústria 4.0 e ampliar o grau de generalização dos resultados.

REFERÊNCIAS

AGOLLA, J. E. Human Capital in the Smart Manufacturing and Industry 4.0 Revolution. In: **Digital Transformation in Smart Manufacturing**. [s.l.] InTech, 2018. p. 41–58.

ANTOSZ, K. Maintenance - Identification and analysis of the competency gap. **Eksploatacja i Niezawodnosc**, v. 20, n. 3, p. 484–494, 2018.

APPLICATIONS, O. **Sistemas ciber-físicos: a evolução das interações do homem com o mundo**. Disponível em: <https://blog.onlineapp.com.br/sistemas-ciber-fisicos/>. Acesso em: 30 jun. 2020.

ARMSTRONG, M.; TAYLOR, S. **Armstrong's handbook of human resource management practice**. 13th. ed. Londres: Kogan Page, 2014

ASSANTE, D. et al. Smart education in the context of industry 4.0. **IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON**, v. April-2019, p. 1140–1145, 2019.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A survey. **Computer Networks**, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010.

AZEVEDO, S. G. et al. An integrated model to assess the leanness and agility of the automotive industry. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 66, p. 85–94, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.12.013>.

BARBER, S. A Truly ' Transformative ' MBA : Executive Education for the Fourth Industrial Revolution. **Journal of Pedagogic Development**, v. 8, n. 2, p. 44–55, 2018.

BASL, J. Pilot Study of Readiness of Czech Companies to Implement the Principles of Industry 4.0. **Management and Production Engineering Review**, v. 8, n. 2, p. 3–8, 2017.

BATZ, A.; KUNATH, M.; WINKLER, H. DISCREPANCIES BETWEEN CLUSTER SERVICES AND SMES' NEEDS CONSTRAINING THE CREATION OF A CULTURE OF INNOVATION AMIDST INDUSTRY 4.0. **Scientific Journal of Logistics**, v. 14, n. 3, p. 387–405, 2018.

BAUER, W. et al. Transforming to a Hyper-connected Society and Economy – Towards an "Industry 4.0". **Procedia Manufacturing**, v. 3, n. Ahfe, p. 417–424, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.200>.

BAYRAKTAR, O.; ATAC, C. The Effects of Industry 4.0 on Human Resources. **Peter Lang Publications**, n. December 2018, p. 1–24, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/329706763>.

BEKER, J. Competências Organizacionais e Suas Interações como Fator de Inovação : Estudo de Caso em uma Empresa de Varejo. In: **Anais**...2012.

BITKOM; VDMA; ZVEI. Implementation Strategy Industrie 4.0. **Report on the results of the Industrie 4.0 Platform**, n. January, p. 1–104, 2016.

BOUÉE, C.-E.; SCHAIBLE, S. The Digital Transformation of Industry. **Roland Berger Strategy**

Consultants GmbH & BDI, p. 52, 2015. Disponível em: <https://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_digital_transformation_of_industry_20150315.pdf>.

BUNSE, B.; KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W. **Industrie 4.0-Smart-Manufacturing for the future**. Berlin; 2014.

CALITZ, A. P.; POISAT, P.; CULLEN, M. The future African workplace: The use of collaborative robots in manufacturing. **SA Journal of Human Resource Management**, v. 15, n. 0, p. 11, 2003. Disponível em: <https://sajhrm.co.za/index.php/sajhrm/article/view/901/1237>.

CARLETTO, B.; FRANCISCO, A. C. A transformação do conhecimento em vantagem competitiva. In: XI SIMPEP, Bauru. **Anais**... Bauru: 2004.

CARUSO, L. Digital innovation and the fourth industrial revolution - epochal social changes. **Industrial and Commercial Training**, v. 49, n. 3, p. 139–145, 2017.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

CHAKA, C. Skills, competencies and literacies attributed to 4IR/Industry 4.0: Scoping review. **IFLA Journal**, v. 46, n. 4, p. 369–399, 2020.

CHEN, Y. Integrated and Intelligent Manufacturing: Perspectives and Enablers. **Engineering**, v. 3, n. 5, p. 588–595, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/J.ENG.2017.04.009>.

CHIARELLO, F. et al. Extracting and mapping industry 4.0 technologies using wikipedia. **Computers in Industry**, v. 100, n. February, p. 244–257, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.006>.

CHIEN, C. F.; HONG, T. Y.; GUO, H. Z. An empirical study for smart production for TFT-LCD to empower Industry 3.5. **Journal of the Chinese Institute of Engineers, Transactions of the Chinese Institute of Engineers,Series A/Chung-kuo Kung Ch'eng Hsuch K'an**, v. 40, n. 7, p. 552–561, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02533839.2017.1372220>.

CSATH, M. Competitiveness Based on Knowledge and Innovation. **Public Finance Quarterly-Hungary**, v. 63, n. 1, p. 64–79, 2018.

DAEMMRICH, A. Invention, Innovation Systems, and the Fourth Industrial Revolution. **Technology and Innovation**, v. 18, n. 202, p. 257–265, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21300/18.4.2017.257%0Awww.technologyandinnovation.org>.

DENYER, D.; TRANSFIELD, D. **Producing a Systematic Review**, 2009. .

ECHEVERRÍA, B.; MARTÍNEZ, P. Revolución 4.0, Competencias, Educación y Orientación. **Revista Digital De Investigación En Docencia Universitaria**, v. 12, n. 2018, p. 4–34, 2018.

EROL, S. et al. Tangible Industry 4.0: A Scenario-Based Approach to Learning for the Future of Production. **Procedia CIRP**, v. 54, p. 13–18, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.162>.

EROL, S.; SCHUMACHER, A.; SIHN, W. Strategic guidance towards Industry 4.0 – a three-stage

process model. **Coma**, n. January, p. 495–501, 2016.

ERPENBECK, J. et al. Handbuch Kompetenzmessung Erkennen,. **Handbuch Kompetenzmessung Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis**, p. 1–30, 2017.

EVANS, C.; COLLIER, K. The Delphi technique. **Taxation: A Fieldwork Research Handbook**, p. 228–241, 2012.

FLORES, E.; XU, X.; LU, Y. Human Capital 4.0: a workforce competence typology for Industry 4.0. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 31, n. 4, p. 687–703, 2020.

FONSECA, L. M. Industry 4.0 and the digital society: concepts, dimensions and envisioned benefits. **Proceedings of the International Conference on Business Excellence**, v. 12, n. 1, p. 386–397, 16 jun. 2018.

FREDDI, D. Digitalisation and employment in manufacturing: Pace of the digitalisation process and impact on employment in advanced Italian manufacturing companies. **AI and Society**, v. 33, n. 3, p. 393–403, 2018.

GEHRKE, L.; RULE, D. A Discussion of Qualifications and A German and American Perspective. **ASME American Society of Mechanical Engineers, VDI The Association of German Engineers publications**, n. April, p. 29, 2015.

GREGOR, S. Building theory in the sciences of the artificial. **Proceedings of the 4th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology, DESRIST '09**, 2009.

GRZELCZAK, A.; KOSACKA, M.; WERNER-LEWANDOWSKA, K. Employees Competences for Industry 4.0 in Poland– Preliminary Research Results. **DEStech Transactions on Engineering and Technology Research**, n. icpr, p. 139–144, 2018.

GRZYBOWSKA, K.; ŁUPICKA, A. Key competencies for Industry 4.0. **Economics and Management Innovations (ICEMI)**, v. 1, n. March 2018, p. 250–253, 2017.

HECKLAU, F. et al. Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. In: Procedia CIRP, **Anais**...Elsevier B.V., 2016a.

HECKLAU, F. et al. Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. **Procedia CIRP**, v. 54, p. 1–6, 2016b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.102>.

HECKLAU, F. et al. **Human Resources Management: Meta-Study-Analysis of Future Competences in Industry 4.0**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/327262309>.

HECKLAU, F. et al. Human Resources Management: Meta-study - Analysis of Future Competences in Industry 4.0. **Proceedings of the 13th European Conference on Management, Leadership and Governance**, n. August 2018, p. 163–175, 2017b.

HERMANN, M. et al. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. **Audi Stiftungslehrstuhl Supply Net Order Management**, p. 16, 2015. Disponível em:

<www.snom.mb.tu-dortmund.de>.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios. **Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences**, v. 2016- March, p. 3928–3937, 2016.

HERNANDEZ-DE-MENENDEZ, M. et al. Competencies for Industry 4.0. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, v. 14, n. 4, p. 1511–1524, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00716-2>.

HERNANDEZ-DE-MENENDEZ, M.; ESCOBAR DÍAZ, C. A.; MORALES-MENENDEZ, R. Engineering education for smart 4.0 technology: a review. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, v. 14, n. 3, p. 789–803, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00672-x>.

HIDAYAT, M.; NAQVI, A. Current problems in China's manufacturing and countermeasures for Industry 4.0. **EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking**, v. 23, n. 11, p. 25–28, 2012.

HOLGER, K. Industry 4.0 – Where does this leave the Human Factor? Holger Kinzel Germany. In: 27th Annual Conference of Human Dignity and Humiliation Studies "Cities at Risk - From Humiliation to Dignity", Dubrovnik. **Anais**... Dubrovnik: 2016.

JAGANNATHAN, S.; RA, S.; MACLEAN, R. Dominant recent trends impacting on jobs and labor markets - An Overview. **International Journal of Training Research**, v. 17, n. sup1, p. 1–11, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14480220.2019.1641292>.

JANÍKOVÁ, M.; KOWALIKOVÁ, P. Technical Education in the Context of the Fourth Industrial Revolution. **Journal for Research and Education**, v. Spesial Is, n. December, p. 65–73, 2017.

JANIS, I.; ALIAS, M. A Systematic Literature Review: Human Roles, Competencies And Skills In Industry 4.0. **The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences**, p. 1052–1072, 2018.

JERMAN, A.; PEJIĆ BACH, M.; BERTONCELJ, A. A Bibliometric and Topic Analysis on Future Competences at Smart Factories. **Machines**, v. 6, n. 3, p. 41, 2018. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2075-1702/6/3/41>.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. **National Academy of Science and Engineering**, n. April, p. 1–82, 2013.

KAZANCOGLU, Y.; OZKAN-OZEN, Y. D. Analyzing Workforce 4.0 in the Fourth Industrial Revolution and proposing a road map from operations management perspective with fuzzy DEMATEL. **Journal of Enterprise Information Management**, v. 31, n. 6, p. 891–907, 2018.

KERGROACH, S. Industry 4.0: New challenges and opportunities for the labour market. **Foresight and STI Governance**, v. 11, n. 4, p. 6–8, 2017.

KLOCKE, F.; GAUSEMEIER, J. Industrie 4.0: International Benchmark, Options for the Future and Recommendations for Manufacturing Research. **Paderborn University**, p. 71–76, 2016. Disponível em: <http://www.ingenieur.de/Themen/Produktion/Industrie-40-Mit-Internet-Dinge-Weg-4-

industriellen-Revolution>.

LEE, E. A.; SESHIA, S. A. **Introduction to Embedded Systems -- A Cyber-Physical Systems Approach**. 1.5 ed. LeeSeshia.org, 2014.

LEGENDRE, P. Coefficient of Concordance. **Encyclopedia of Research Design**, p. 164–169, 2010.

LIN, K. C.; SHYU, J. Z.; DING, K. A cross-strait comparison of innovation policy under industry 4.0 and sustainability development transition. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 5, 2017.

LISZKA, K.; KLIMKIEWICZ, K.; MALINOWSKI, P. Polish foundry engineer with regard to changes carried by the industry 4.0. **Archives of Foundry Engineering**, v. 19, n. 1, p. 103–108, 2019.

LUCKE, D.; CONSTANTINESCU, CARMEN , WESTKÄMPER, E. Smart Factory - A Step towards the Next Generation of Manufacturing. **Proc. 1st Euro Conf.on Mobile Government (Euro mGov 2005)**, n. Sfb 627, p. 192–199, 2005.

MANPOWERGROUP. **A Revolução das Competências**. Estados Unidos; 2016.

MENA, I. **Verbete Draft: O que é internet de serviços**. Disponível em: <https://www.projetodraft.com/verbete-draft-o-que-e-internet-dos-servicos/>. Acesso em: 16 jan. 2020.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Production**, v. 17, n. 1, p. 216–229, 2007.

MOTYL, B.; FILIPPI, S. Trends in engineering education for additive manufacturing in the industry 4.0 era: a systematic literature review. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, p. 1–4, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00733-1>.

MÜLLER, J. M.; KIEL, D.; VOIGT, K. I. What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 1, p. 1–24, 2018.

NICK, G.; PONGRÁCZ, F.; RADÁCS, E. Interpretation of disruptive innovation in the era of smart cities of the fourth industrial revolution. **Deturope**, v. 10, n. 1, p. 53–70, 2018.

OKOLI, C.; PAWLOWSKI, S. D. The Delphi method as a research tool: An example, design considerations and applications. **Information and Management**, v. 42, n. 1, p. 15–29, 2004.

PARK, S. Development of Innovative Strategies for the Korean Manufacturing Industry by Use of the Connected Smart Factory (CSF). **Procedia Computer Science**, v. 91, n. Itqm, p. 744–750, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.067>.

PARK, S. C. The Fourth Industrial Revolution and implications for innovative cluster policies. **AI and Society**, v. 33, n. 3, p. 433–445, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s00146-017-0777-5>.

PETRILLO, A. et al. Fourth Industrial Revolution: Current Practices, Challenges, and Opportunities. In: **Digital Transformation in Smart Manufacturing**. [s.l.] InTech, 2018. p. 1–21.

PICATOSTE, J.; PÉREZ-ORTIZ, L.; RUESGA-BENITO, S. M. A new educational pattern in response to new technologies and sustainable development. Enlightening ICT skills for youth

employability in the European Union. **Telematics and Informatics**, v. 35, n. 4, p. 1031–1038, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.09.014>.

PRIFTI, L. et al. **A framework for implementing Industrie 4.0 in learning factories**. 2016. Faculty of Engineering at Stellenbosch University, 2016.

PRIFTI, L. et al. A Competency Model for "Industrie 4.0" Employees. **13th International Conference on Wirtschaftsinformatik**, p. 46–60, 2017.

PRINZ, C. et al. Learning Factory Modules for Smart Factories in Industrie 4.0. **Procedia CIRP**, v. 54, p. 113–118, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.105>.

PWC WORLD ECONOMIC FORUM. **Innovation for the Earth Harnessing technological breakthroughs for people and the planet**. Davos; 2017. Disponível em: <http://www.pwc.com/gx/en/ceo-agenda/ceosurvey/20th-anniversary.html>.

QIN, J.; LIU, Y.; GROSVENOR, R. A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and beyond. **Procedia CIRP**, v. 52, p. 173–178, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>.

RAMPASSO, I. S. et al. An investigation of research gaps in reported skills required for Industry 4.0 readiness of Brazilian undergraduate students. **Higher Education, Skills and Work-based Learning**, n. Janeiro, p. 1–14, 2020.

REHSE, J.-R.; DADASHNIA, S.; FETTKE, P. Business process management for Industry 4.0 – Three application cases in the DFKI-Smart-Lego-Factory. **it - Information Technology**, v. 60, n. 3, p. 133–141, 2018. Disponível em: <http://www.degruyter.com/view/j/itit.2018.60.issue-3/itit-2018-0006/itit-2018-0006.xml>.

RICHERT, A. et al. Digital Transformation of Engineering Education - Empirical Insights from Virtual Worlds and Human-Robot-Collaboration. **International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)**, v. 6, n. 4, p. 23, 2016. Disponível em: <http://online-journals.org/index.php/i-jep/article/view/6023>.

ROBERTSON, I.; CALLINAN, M.; BARTRAM, D. A framework for examining organizational effectiveness. **Organizational effectiveness: the role of psychology**, p. 1–10, 2002. Disponível em: <https://cumoodle.coventry.ac.uk/pluginfile.php/2705715/mod_resource/content/1/Bartram A Framework for Examining Organisational Effectiveness.pdf>.

ROJKO, A. Industry 4.0 concept: Background and overview. **International Journal of Interactive Mobile Technologies**, v. 11, n. 5, p. 77–90, 2017.

RYCHEN, D. S.; SALGANIK, L. H. Definition and Selection of Key Competencies - A contribuition of the OECD Program Definition and Selection of Competencies: Theoretical and Conceptual Foundations. **Foundations**, p. 1–15, 2000.

RYCHEN, D. S.; SALGANIK, L. H.; MCLAUGHLIN, M. E. **Contributions to the second DeSeCo symposium**. Geneva: Swiss Federal Statistical Office (SFSO); 2002.

SACKEY, S. M.; BESTER, A. Industrial Engineering Curriculum in Industry 4.0 in a South African

Context. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 27, n. 4, p. 101–114, 2016. Disponível em: <http://sajie.journals.ac.za/pub/article/view/1579>.

SAUCEDO-MARTÍNEZ, J. A. et al. Industry 4.0 framework for management and operations: a review. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, v. 9, n. 3, p. 789–801, 2018.

SCHUMACHER, A.; EROL, S.; SIHN, W. A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. In: Procedia CIRP, **Anais**...Elsevier B.V., 2016.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. 1ª ed. São Paulo: Edipro; 2016.

SEDLAR, U. et al. Tackling the Challenges of ICT Innovation and Talents for Industry 4.0. **Ipsi Bgd Transactions on Internet Research**, v. 14, n. 1, p. 1–5, 2018.

SHAMIM, S. et al. Management Approaches for Industry 4.0 - A human resource management perspective. **2016 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)**, p. 1–8, 2016.

SHAMIM, S. et al. Examining the feasibilities of Industry 4.0 for the hospitality sector with the lens of management practice. **Energies**, v. 10, n. 4, 2017.

SJÖDIN, D. R. et al. Smart Factory Implementation and Process Innovation. **Research Technology Management**, v. 61, n. 5, p. 22–31, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/08956308.2018.1471277>.

SLUSARCZYK, B. Industry 4.0 - Are We Ready? **Polish Journal of Management Studies**, v. 17, n. 1, p. 232–248, 2018. Disponível em: <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-a5b275da-808e-44d0-9599-004d03a80a08>.

SOHIMI, N. E. et al. Malaysian industrial collaborations for skills development in 4th industrial revolution. **Journal of Technical Education and Training**, v. 11, n. 3, p. 63–72, 2019.

STEWART, T. R. The Delphi technique as a forecasting tool: Issues and analysis. **International Journal of Forecasting**, v. 15, n. 4, p. 380–381, 1999.

STROZZI, F. et al. Literature review on the 'smart factory' concept using bibliometric tools. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 22, p. 1–20, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1326643>.

SUNDMAEKER, H.; WOELFFÉ, S.; GUILLEMIN, P. **Vision and challenges for realizing the internet of things**. Brussels: European Comission; 2010.

SUNG, T. K. Industry 4.0- Korea Perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, p. 233–238, 2018b.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systems Review. v. 14, p. 207–222, 2003.

VAN LAAR, E. et al. The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. **Computers in Human Behavior**, v. 72, n. March, p. 577–588, 2017a. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.010>.

VAN LAAR, E. et al. The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic

literature review. **Computers in Human Behavior**, v. 72, p. 577–588, 1 jul. 2017b.

VERDE LEAL, R. L. Design Thinking and Product Roadmapping in the Fourth Industrial Revolution. **Journal on Innovation and Sustainability. RISUS ISSN 2179-3565**, v. 9, n. 1, p. 3, 2018. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/risus/article/view/36728>.

WANG, Q.; WALTMAN, L. Large-scale analysis of the accuracy of the journal classification systems of Web of Science and Scopus. **Journal of Informetrics**, v. 10, n. 2, p. 347–364, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2016.02.003>.

WANG, S. et al. Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. **Journals.Sagepub.Com**, v. 2016, 2016a. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1155/2016/3159805>.

WANG, S. et al. Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 2016, 2016b.

WHITE, M. D.; MARSH, E. E. Content analysis: A flexible methodology. **Library Trends**, v. 55, n. 1, p. 22–45, 2006.

WILKESMANN, M.; WILKESMANN, U. Industry 4 . 0 – Organizing Routines or Innovations ? **VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems**, p. 1–31, 2017.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The future of jobs**. Davos; 2016.

YIN, R. K. **Case Study Research: Design and Methods**.4 ed., v. 5, London: SAGE, 2009.

ZARIFIAN, P. **Objetivo Competência - por uma nova lógica**. 1 ed., Rio de Janeiro: Atlas, 2001.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO *DELPHI* ENVIADO PARA OS ESPECIALISTAS

Universidade Federal da Paraíba
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
"Avaliação de competências profissionais para a indústria 4.0"

DADOS DO ESPECIALISTA
Nome:
Instituição à qual é vinculado:

OBJETIVO DA PESQUISA
Propor um procedimento para a avaliação de competências profissionais para a adoção das tecnologias da indústria 4.0 e seus princípios

DEFINIÇÕES RELEVANTES
Indústria 4.0: um conjunto de recentes avanços tecnológicos, por meio da digitalização e integração avançadas dos processos industriais de fabricação e logística, nos quais a internet e tecnologias de suporte, como por exemplo sistemas embarcados, servem como base para integrar todos os elementos do processo da cadeia de valor em um único sistema.
Competências profissionais: motivação, atitude, habilidades e conhecimentos de uma pessoa, necessários para a entrega dos resultados desejados com desempenho eficaz para alcançar um objetivo.
Categorias pessoais/cognitivas: Compreendem motivações, atitudes e valores sociais de um indivíduo, além de referir-se à capacidade de uma pessoa de aprender, agir de maneira autônoma e desenvolver para si um sistema de valores éticos.
Categorias sociais/gerenciais/profissionais: Referem-se a atitudes e habilidades de um indivíduo de se comunicar, cooperar e estabelecer conexões e estruturas sociais com outros indivíduos e grupos, além de desenvolver percepções de seu próprio comportamento perante o grupo.
Categorias metodológicas: As competências metodológicas incluem conhecimentos e habilidades relacionadas à solução bem-sucedida de problemas e tomada de decisão.
Categorias técnicas: As competências técnicas incluem conhecimentos e habilidades os quais o indivíduo adquire através da prática e do aprendizado e estão relacionados ao trabalho.

1)Prezado(a) especialista, você concorda com as competências listadas para as respectivas categorias relacionadas abaixo?

Quadro 43 - Lista de categorias e competências do questionário Delphi

CATEGORIA	COMPETÊNCIA	QUESTIONAMENTOS		
		Sim ou Não?	Em caso negativo, qual seria a categoria mais indicada?	Gostaria de justificar?
Pessoais / Cognitivas	Criatividade			
	Flexibilidade			
	Motivação para aprender			

CATEGORIA	COMPETÊNCIA	QUESTIONAMENTOS		
	Competência para trabalhar em situações de estresse			
	Autogestão			
	Visualização			
	Pensamento crítico			
	Colaboração			
	Escuta ativa			
Sociais / Gerenciais / Profissionais	Capacidade de liderar			
	Trabalho em equipe			
	Orientação a serviços			
	Comunicação efetiva			
	Inteligência emocional			
	Negociação			
	Gestão de pessoas			
	Persuasão			
Metodológica	Capacidade de resolver problemas			
	Resolução de conflitos			
	Competências analíticas			
	Competências de pesquisa			
	Capacidade de tomar decisões			
	Competência interdisciplinar			
Técnica	Competência em TI (Tecnologia da Informação)			
	Competência de mídia			
	Controle de qualidade			
	Gestão do conhecimento			
	Conhecimento de estatística			
	Análise de dados e interpretação			

INSTRUÇÕES DE PREENCHIMENTO DO QUESTÃO 2
Em cada questão, o especialista deverá definir se um atributo influencia em outro e qual é o grau dessa influência. A intensidade das relações deve ser dada conforme apresentado no Quadro 1. A Figura 1 contém um exemplo do preenchimento do questionário.

Quadro 44 - Escala de Likert de avaliação

ESCALA DE AVALIAÇÃO
0 – Sem influência
1 – Influência muito baixa
2 – Influência baixa
3 – Influência media
4 – Influência alta
5 – Influência muito alta

Quadro 45 - Exemplo de preenchimento do questionário Delphi

Princípios / Categorias	Princípio A	Princípio B
Categoria A	0	4 - Influência alta
Categoria B	2 - Influência baixa	0
De acordo com o exemplo acima, a Competência A exerce "influência alta" no Princípio B. Por outro lado, a Competência B exerce "influência baixa" no Princípio A		

Quadro 46 - Definições relevantes do questionário Delphi

DEFINIÇÕES RELEVANTES	
Internet das coisas(IoT)	É a presença generalizada de coisas ou objetos, incorporados com sensores, software, conectividade de rede e capacidade de computador que podem coletar e trocar dados pela internet.
Internet de serviços (IoS)	É o atrelamento de serviços à Internet das Coisas ou, ainda, a Internet das Coisas gerando serviços intrinsecamente ligados a ela.
Sistemas ciber-físicos (CPS)	Consiste em um sistema que integra computação com processos físicos, o que possibilita a tomada de decisões descentralizadas, monitoramento inteligente, controle inteligente e coordenação, além de criar uma cópia virtual do mundo físico, tudo dentro das fábricas inteligentes.
Interoperabilidade	É a perfeita conexão e comunicação entre máquinas, dispositivos, sensores e pessoas através de protocolos de comunicação compatíveis.
Padronização	A padronização é um princípio que promove a interoperabilidade, permitindo a interação entre muitas fontes heterogêneas de dados e muitos dispositivos heterogêneos, minimizando a ambiguidade sobre a interpretação das informações que eles trocam.
Virtualização	É a capacidade de monitorar qualquer processo físico dentro de um ambiente de trabalho.
Capacidade de operação em tempo real	Refere-se à capacidade de um sistema para capturar, extrair e analisar dados em tempo real. Um exemplo dessa situação seria uma falha da máquina, cujas tarefas são imediatamente redirecionadas para outras máquinas e as alterações necessárias na produção são implementadas automaticamente.
Orientação a serviços	É a capacidade de objetos se conectarem e terem acesso aos serviços fornecidos no CPS (sistemas ciber-físicos) e na fábrica inteligente via IoS (Internet of Services).

DEFINIÇÕES RELEVANTES	
Modularidade	Modularidade de um sistema é a sua capacidade de adaptar-se a diferentes entradas externas ou requisitos diferentes, substituindo ou expandindo módulos individuais. A modularidade facilita a intercambialidade de algoritmos nos sistemas e a versatilidade da comunicação.
Descentralização	A descentralização refere-se à capacidade dos CPS's (sistemas ciber-físicos) de tomar decisões por conta própria nas fábricas inteligentes.

2) Em relação as categorias, quais delas você considera que são importantes para os princípios da indústria 4.0? Atribua uma nota de 0 a 5.

Quadro 47 - Relação entre as categorias das competências e os princípios da indústria 4.0

CATEGORIAS	Interoperabilidade	Padronização	Virtualização	Capacidade de operação em tempo real	Orientação a serviços	Modularidade	Descentralização
Pessoais/Cognitivas							
Sociais/Gerenciais/Profissionais							
Metodológica							
Técnica							

APÊNDICE B – *EMAIL* CONVITE AOS ESPECIALISTAS NO *DELPHI*

Prezado,

Estou desenvolvendo uma pesquisa de mestrado intitulada “Avaliação de competências profissionais para indústria 4.0”, orientada pelo Prof. Dr. Darlan Azevedo Pereira e pela Prof.ª Dr.ª Cláudia Fabiana Gohr, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Para desenvolver um procedimento de avaliação, especialistas avaliarão as competências profissionais que estão relacionadas aos princípios da indústria 4.0. A finalidade da pesquisa com os especialistas é encontrar um consenso através de rodadas iterativas. Após cada rodada, os questionários passarão por uma avaliação de consenso e serão enviados novamente, de modo que cada especialista possa manter ou alterar a sua opinião inicial a partir da reflexão sobre as respostas do grupo. Será garantido o anonimato de todos os respondentes, assim como das respostas individuais.

Devido ao fato de ser um tema recente, estamos considerando como especialistas aqueles pesquisadores que já escreveram sobre o tema competências profissionais requeridas pela indústria 4.0 ou similares ou que tenham uma compreensão sobre esse tema. Dessa forma, gostaria de confirmar sua participação no grupo de especialistas que irá compor o painel Delphi. Segue o link para a sua avaliação. Basta clicar, preencher os campos e o Planilhas Google salvará as alterações automaticamente após alguns segundos. Ao concluir a avaliação, feche o arquivo normalmente e suas respostas já estarão salvas. LINK

Agradeço desde já.

Atenciosamente,

Álvaro Marques Borges Calazans

APÊNDICE C – RESULTADOS DO DELPHI

Abaixo seguem as respostas dos especialistas no que se refere à relação entre as categorias e suas respectivas competências. Foi perguntado a eles se concordam com as competências listadas em cada categoria. Caso não concordem, poderiam indicar a que categoria determinada competência pertenceria e poderia justificar essa escolha.

ESPECIALISTA A:

1) Dear specialist, do you agree with the competences listed for the respective categories listed below?

CATEGORIE	COMPETENCE	QUESTIONS		
		Yes or No	If not, which would be the most suitable category?	Would like to justify?
Personal/Cognitive	Creativity	Yes		
	Flexibility	No	Social/Managerial/Professional	
	Motivation to learn	Yes		
	Competence to work in stressful situations	Yes		
	Self-management	Yes		
	Visualization	Yes		
	Critical thinking	No	Social/Managerial/Professional	
	Collaboration	Yes		
	Active listening	No	Social/Managerial/Professional	
Social/Managerial/Professional	Leadership	Yes		
	Team work	No	Personal/Cognitive	
	Service orientation	No	Technical	
	Effective communication	Yes		
	Emotional intelligence	No	Personal/Cognitive	

	Negotiation	Yes		
	People management	Yes		
	Persuasion	No	Personal/Cognitive	
Methodological	Ability to solve problems	Yes		
	Conflict resolution	No	Social/Managerial/Professional	
	Analytical competences	Yes		
	Research competences	Yes		
	Ability to take decisions	No	Social/Managerial/Professional	
	Interdisciplinary competence	Yes		
Technical	IT Competency (Information Technology)	Yes		
	Media competence	Yes		
	Quality control	Yes		
	Knowledge management	Yes		
	Knowledge of statistics	Yes		
	Data analysis and interpretation	Yes		

ESPECIALISTA B:

1) Dear specialist, do you agree with the competences listed for the respective categories listed below?

CATEGORIE	COMPETENCE	QUESTIONS		
		Yes or No	If not, which would be the most suitable category?	Would like to justify?
Personal/Cognitive	Creativity	Yes		
	Flexibility	Yes		

	Motivation to learn	Yes		
	Competence to work in stressful situations	Yes		
	Self-management	Yes		
	Visualization	Yes		
	Critical thinking	Yes		
	Collaboration	Yes		
	Active listening	Yes		
Social/Managerial/Professional	Leadership	Yes		
	Team work	Yes		
	Service orientation	Yes		
	Effective communication	Yes		
	Emotional intelligence	Yes		
	Negotiation	Yes		
	People management	Yes		
	Persuasion	Yes		
Methodological	Ability to solve problems	No	Personal/Cognitive	Potentially, this entire section is a duplicate of social, personal, and technical requirements.
	Conflict resolution	No	Social/Managerial/Professional	
	Analytical competences	No	Technical	
	Research competences	No	Technical	
	Ability to take decisions	No	Social/Managerial/Professional	
	Interdisciplinary competence	No	Social/Managerial/Professional	
Technical	IT Competency (Information Technology)	Yes		

	Media competence	Yes		
	Quality control	Yes		
	Knowledge management	Yes		
	Knowledge of statistics	Yes		
	Data analysis and interpretation	Yes		

ESPECIALISTA C:

1) Dear specialist, do you agree with the competences listed for the respective categories listed below?

CATEGORIE	COMPETENCE	QUESTIONS		
		Yes or No	If not, which would be the most suitable category?	Would like to justify?
Personal/Cognitive	Creativity	Yes		
	Flexibility	Yes		
	Motivation to learn	Yes		
	Competence to work in stressful situations	Yes		
	Self-management	Yes		
	Visualization	Yes		
	Critical thinking	Yes		
	Collaboration	No	Social/Managerial/Professional	I'm torn between personal/social
	Active listening	No	Social/Managerial/Professional	
Social/Managerial/Professional	Leadership	Yes		
	Team work	Yes		
	Service orientation	Yes		
	Effective communication	Yes		

	Emotional intelligence	Yes		
	Negotiation	Yes		
	People management	Yes		
	Persuasion	Yes		
Methodological	Ability to solve problems	Yes		
	Conflict resolution	No	Social/Managerial/Professional	
	Analytical competences	Yes		
	Research competences	Yes		
	Ability to take decisions	Yes		
	Interdisciplinary competence	Yes		
Technical	IT Competency (Information Technology)	Yes		
	Media competence	Yes		
	Quality control	Yes		
	Knowledge management	Yes		
	Knowledge of statistics	Yes		
	Data analysis and interpretation	Yes		

ESPECIALISTA D:

1) Dear specialist, do you agree with the competences listed for the respective categories listed below?				
CATEGORIE	**COMPETENCE**	**QUESTIONS**		
		Yes or No	If not, which would be the most suitable category?	Would like to justify?
Personal/Cognitive	Creativity	Yes		

	Flexibility	Yes		
	Motivation to learn	Yes		
	Competence to work in stressful situations	Yes		
	Self-management	Yes		
	Visualization	No	Technical	
	Critical thinking	Yes		
	Collaboration	No	Social/Managerial/Professional	
	Active listening	Yes		
Social/Managerial/Professional	Leadership	Yes		
	Team work	Yes		
	Service orientation	Yes		
	Effective communication	Yes		
	Emotional intelligence	No	Personal/Cognitive	
	Negotiation	Yes		
	People management	Yes		
	Persuasion	Yes		
Methodological	Ability to solve problems	Yes		
	Conflict resolution	Yes		
	Analytical competences	Yes		
	Research competences	Yes		
	Ability to take decisions	Yes		
	Interdisciplinary competence	Yes		

Technical	IT Competency (Information Technology)	Yes		
	Media competence	Yes		
	Quality control	No	Methodological	
	Knowledge management	Yes		
	Knowledge of statistics	Yes		
	Data analysis and interpretation	Yes		

ESPECIALISTA E:

1) Dear specialist, do you agree with the competences listed for the respective categories listed below?

CATEGORIE	COMPETENCE	QUESTIONS		
		Yes or No	If not, which would be the most suitable category?	Would like to justify?
Personal/Cognitive	Creativity	Yes		
	Flexibility	Yes		
	Motivation to learn	Yes		
	Competence to work in stressful situations	Yes		
	Self-management	Yes		
	Visualization	Yes		
	Critical thinking	Yes		
	Collaboration	Yes		
	Active listening	Yes		
Social/Managerial/Professional	Leadership	Yes		

	Team work	Yes		
	Service orientation	Yes		
	Effective communication	Yes		
	Emotional intelligence	Yes		
	Negotiation	Yes		
	People management	Yes		
	Persuasion	Yes		
Methodological	Ability to solve problems	Yes		
	Conflict resolution	Yes		
	Analytical competences	Yes		
	Research competences	Yes		
	Ability to take decisions	Yes		
	Interdisciplinary competence	No	Social/Managerial/Professional	Based on several literature reviewed, mostly interdisciplinary areas is associated to social competencies and skill
Technical	IT Competency (Information Technology)	Yes		
	Media competence	No	Social/Managerial/Professional	I am not sure what the operational definition or meaning of media competence, but, in my opinion, I prefer to list the competence under social/managerial/professional categories as I have a similar view with Baacke (1996) in Park Jooyeun manuscript entitled Media Literacy, Media Competence and Media Policy in the Digital Age - which mentioned the media competence "often understood as a section of communication competence" .
	Quality control	Yes		

	Knowledge management	Yes		
	Knowledge of statistics	Yes		
	Data analysis and interpretation	Yes		

ESPECIALISTA F – CONCORDOU COM TODAS AS CATEGORIAS E SUAS RESPECTIVAS COMPETÊNCIAS

ESPECIALISTA G – CONCORDOU COM TODAS AS CATEGORIAS E SUAS RESPECTIVAS COMPETÊNCIAS

ESPECIALISTA H:

1) Dear specialist, do you agree with the competences listed for the respective categories listed below?

CATEGORIE	COMPETENCE	QUESTIONS		
		Yes or No	If not, which would be the most suitable category?	Would like to justify?
Personal/Cognitive	Creativity	Yes		
	Flexibility	Yes		
	Motivation to learn	Yes		
	Competence to work in stressful situations	Yes		
	Self-management	Yes		
	Visualization	Yes		
	Critical thinking	Yes		
	Collaboration	No	Social/Managerial/Professional	
	Active listening	No		
Social/Managerial/Professional	Leadership	Yes		
	Team work	Yes		

	Service orientation	Yes		
	Effective communication	No	Personal/Cognitive	
	Emotional intelligence	Yes		
	Negotiation	Yes		
	People management	Yes		
	Persuasion	No		
Methodological	Ability to solve problems	Yes		
	Conflict resolution	No		
	Analytical competences	Yes		
	Research competences	Yes		
	Ability to take decisions	No	Social/Managerial/Professional	
	Interdisciplinary competence	Yes		
Technical	IT Competency (Information Technology)	Yes		
	Media competence	Yes		
	Quality control	No	Methodological	
	Knowledge management	Yes		
	Knowledge of statistics	Yes		
	Data analysis and interpretation	Yes		

ESPECIALISTA I:

1) Prezado(a) especialista, você concorda com as competências listadas para as respectivas categorias relacionadas abaixo?

CATEGORIA	COMPETÊNCIA	QUESTIONAMENTOS		
		Sim ou Não	Em caso negativo, qual seria a categoria mais indicada?	Gostaria de justificar?
Pessoais / Cognitivas	Criatividade	Sim		
	Flexbilidade	Sim		
	Motivação para aprender	Sim		
	Competência para trabalhar em situações de estresse	Sim		
	Autogestão	Não	Sociais/Gerenciais/Profissionais	
	Visualização	Sim		
	Pensamento crítico	Sim		
	Colaboração	Não	Sociais/Gerenciais/Profissionais	
	Escuta ativa	Sim		
Sociais / Gerenciais / Profissionais	Capacidade de liderar	Sim		
	Trabalho em equipe	Sim		
	Orientação a serviços	Sim		
	Comunicação efetiva	Sim		
	Inteligência emocional	Não	Pessoais/Cognitivas	
	Negociação	Sim		
	Gestão de pessoas	Sim		
	Persuasão	Sim		
Metodológica	Capacidade de resolver problemas	Sim		
	Resolução de conflitos	Sim		
	Competências analíticas	Sim		
	Competências de pesquisa	Sim		

	Capacidade de tomar decisões	Sim		
	Competência interdisciplinar	Sim		
Técnica	Competência em TI (Tecnologia da Informação)	Sim		
	Competência de mídia	Sim		
	Controle de qualidade	Sim		
	Gestão do conhecimento	Sim		
	Conhecimento de estatística	Sim		
	Análise de dados e interpretação	Sim		

ESPECIALISTA J:

1) Prezado(a) especialista, você concorda com as competências listadas para as respectivas categorias relacionadas abaixo?

CATEGORIA	COMPETÊNCIA	QUESTIONAMENTOS		
		Sim ou Não	Em caso negativo, qual seria a categoria mais indicada?	Gostaria de justificar?
Pessoais / Cognitivas	Criatividade	Sim		
	Flexbilidade	Sim		
	Motivação para aprender	Sim		
	Competência para trabalhar em situações de estresse	Sim		
	Autogestão	Sim		
	Visualização	Não		O termo não evidencia para mim o que seria uma competência pessoal chamada "visualização". Talvez seja necessário alterar o termo para elucidar a competência desejada.
	Pensamento crítico	Sim		

	Colaboração	Sim		
	Escuta ativa	Sim		
Sociais / Gerenciais / Profissionais	Capacidade de liderar	Sim		
	Trabalho em equipe	Sim		
	Orientação a serviços	Sim		Como há a inclusão de orientação a serviços, talvez seja valido a inclusão de uma "orientação a pessoas". Conforme literatura aponta, num contexto de Industry 4.0 capacidades relacionais serão relevantes para equipes multidisciplinares e práticas integradas. Assim, indíviduos orientados a pessoas talvez tenham mais sucesso do que orientado a tarefas e serviços.
	Comunicação efetiva	Sim		
	Inteligência emocional	Sim		
	Negociação	Sim		
	Gestão de pessoas	Sim		
	Persuasão	Não	Pessoais/Cognitivas	Entendo a persuasão dentro do conjunto de competências individuais, que influenciam a capacidade de negociação. Há um material do Professor Dante Martinelli sobre negociação que pode auxiliar nesta definição.
Metodológica	Capacidade de resolver problemas	Sim		
	Resolução de conflitos	Sim		
	Competências analíticas	Sim		
	Competências de pesquisa	Sim		
	Capacidade de tomar decisões	Sim		
	Competência interdisciplinar	Sim		Especialmente importante para os desafios da Indústria 4.0
Técnica	Competência em TI (Tecnologia da Informação)	Sim		
	Competência de mídia	Não		Não consigo ver uma relação clara desta competência com o conceito em estudo. Qual seria a definição desta competência?

	Controle de qualidade	Sim		
	Gestão do conhecimento	Sim		
	Conhecimento de estatística	Sim		
	Análise de dados e interpretação	Sim		

ESPECIALISTA K – CONCORDOU COM TODAS AS CATEGORIAS E SUAS RESPECTIVAS COMPETÊNCIAS

ESPECIALISTA L – CONCORDOU COM TODAS AS CATEGORIAS E SUAS RESPECTIVAS COMPETÊNCIAS

ESPECIALISTA M:

1) Dear specialist, do you agree with the competences listed for the respective categories listed below?

CATEGORIE	COMPETENCE	QUESTIONS		
		Yes or No	If not, which would be the most suitable category?	Would like to justify?
Personal/Cognitive	Creativity	Yes		
	Flexibility	Yes		
	Motivation to learn	Yes		
	Competence to work in stressful situations	No	Social/Managerial/Professional	
	Self-management	Yes		
	Visualization	Yes		
	Critical thinking	Yes		
	Collaboration	Yes		
	Active listening	No	Social/Managerial/Professional	
Social/Managerial/Professional	Leadership	Yes		
	Team work	Yes		

	Service orientation	Yes		
	Effective communication	Yes		
	Emotional intelligence	Yes		
	Negotiation	Yes		
	People management	Yes		
	Persuasion	Yes		
Methodological	Ability to solve problems	Yes		
	Conflict resolution	Yes		
	Analytical competences	Yes		
	Research competences	Yes		
	Ability to take decisions	No	Social/Managerial/Professional	
	Interdisciplinary competence	Yes		
Technical	IT Competency (Information Technology)	Yes		
	Media competence	Yes		
	Quality control	Yes		
	Knowledge management	Yes		
	Knowledge of statistics	Yes		
	Data analysis and interpretation	No	Social/Managerial/Professional	

ESPECIALISTA N:

1) Dear specialist, do you agree with the competences listed for the respective categories listed below?				
CATEGORIE	**COMPETENCE**	**QUESTIONS**		
		Yes or No	If not, which would be the most suitable category?	Would like to justify?
Personal/Cognitive	Creativity	Yes		To understand physical systems and cloud systems
	Flexibility	Yes		
	Motivation to learn	Yes		the most important to achive technological advantages
	Competence to work in stressful situations	Yes		Technological systems have a high complexity
	Self-management	Yes		Time Management
	Visualization	Yes		Integral Systems
	Critical thinking	Yes		New things about data management
	Collaboration	Yes		Platforms and interconections
	Active listening	Yes		
Social/Managerial/Professional	Leadership	Yes		To lead the teams
	Team work	Yes		To create the best collaboration
	Service orientation	Yes		To achive the best experience to or internal and external customers
	Effective communication	Yes		For good!
	Emotional intelligence	Yes		The best intelligence to manage next level teams
	Negotiation	Yes		To obtain the best of our suppliers
	People management	Yes		For good!
	Persuasion	Yes		For good!

Methodological	Ability to solve problems	Yes		Technological problems
	Conflict resolution	Yes		For good!
	Analytical competences	Yes		and statistics
	Research competences	Yes		For good!
	Ability to take decisions	Yes		Consider data performance
	Interdisciplinary competence	Yes		For good!
Technical	IT Competency (Information Technology)	Yes		For good!
	Media competence	Yes		
	Quality control	No	Methodological	For now there is a quality team in the companies, must apply data integrity, or data management, but alredy you include statistics
	Knowledge management	Yes		Like Process, project management etc
	Knowledge of statistics	Yes		Statistics softwares etc.
	Data analysis and interpretation	Yes		For good!

ESPECIALISTA O – CONCORDOU COM TODAS AS CATEGORIAS E SUAS RESPECTIVAS COMPETÊNCIAS

ESPECIALISTA P – CONCORDOU COM TODAS AS CATEGORIAS E SUAS RESPECTIVAS COMPETÊNCIAS

Logo abaixo encontram-se os resultados do Delphi da primeira, segunda e terceira rodadas.

Quadro 48 - Resultados da primeira rodada do Delphi

Relação	Especialistas																Menor valor	Maior valor	Valor mais frequente
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P			
a_{11}	1	3	5	1	4	3	5	3	4	2	5	5	4	4	3	5	1	5	5
a_{12}	3	3	4	0	4	4	4	2	4	4	5	3	2	1	1	5	0	5	4
a_{13}	1	3	4	0	4	4	5	5	3	4	4	5	4	4	2	5	0	5	4
a_{14}	3	1	4	1	4	4	4	5	4	4	4	5	2	4	3	5	1	5	4
a_{15}	2	5	4	3	4	4	5	4	4	2	5	5	2	5	5	5	2	5	5
a_{16}	5	3	4	3	4	4	4	4	4	4	5	5	2	3	3	5	2	5	4
a_{17}	2	4	5	5	4	3	5	5	4	5	5	5	2	0	4	5	0	5	5
a_{21}	4	4	5	3	4	5	4	5	4	3	4	5	4	3	2	4	2	5	4
a_{22}	2	4	4	2	4	3	4	3	4	4	3	3	2	1	1	5	1	5	4
a_{23}	3	3	3	1	4	2	4	3	3	3	4	5	2	4	2	4	1	5	3
a_{24}	4	2	4	3	4	3	4	4	4	4	5	5	4	2	4	3	2	5	4
a_{25}	2	5	5	4	4	3	5	5	4	4	4	5	3	5	4	5	2	5	5
a_{26}	3	4	4	4	4	3	4	3	4	3	4	5	2	3	2	5	2	5	4
a_{27}	5	5	5	3	4	2	5	3	4	4	3	5	2	1	4	5	1	5	5
a_{31}	2	3	4	4	5	4	4	3	5	5	3	5	1	5	3	4	1	5	4 e 5
a_{32}	2	4	5	4	5	5	4	5	5	4	4	3	2	5	3	5	2	5	5
a_{33}	2	4	5	3	5	4	4	3	5	3	4	5	3	5	2	4	2	5	4 e 5
a_{34}	2	3	5	2	5	3	4	4	5	5	5	5	3	5	4	4	2	5	5

a_{35}	0	4	4	5	5	5	4	4	5	3	5	5	2	4	1	5	0	5	5
a_{36}	1	5	5	5	5	3	5	5	5	3	4	5	2	5	4	5	1	5	5
a_{37}	2	5	4	5	5	3	5	4	5	3	4	5	2	5	2	5	2	5	5
a_{41}	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5
a_{42}	5	5	5	3	5	5	4	5	5	5	5	2	4	5	5	5	2	5	5
a_{43}	4	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	2	5	3	5	2	5	5
a_{44}	4	5	5	2	5	5	5	5	5	2	5	5	2	5	3	5	2	5	5
a_{45}	4	3	4	3	5	5	5	4	5	4	5	5	2	5	2	5	2	5	5
a_{46}	5	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5	2	5	2	5	2	5	5
a_{47}	4	4	4	5	5	5	5	5	5	3	4	5	3	5	2	5	2	5	5

Quadro 49 - Resultados da segunda rodada do Delphi

Relação	Especialistas										Menor valor	Maior valor	Valor mais frequente
	A	B	C	D	E	G	H	J	K	N			
a_{11}	2	4	5	3	4	5	4	3	5	4	2	5	4
a_{12}	3	4	4	2	4	4	4	4	4	1	1	4	4
a_{13}	2	3	4	0	4	2	4	4	4	4	0	4	4
a_{14}	4	2	4	3	4	4	4	4	4	4	2	4	4
a_{15}	3	5	5	3	4	5	5	4	5	5	3	5	5
a_{16}	4	3	4	3	4	4	4	4	4	2	2	4	4
a_{17}	3	4	5	5	5	5	5	5	5	0	0	5	5
a_{21}	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3	4	4
a_{22}	2	4	4	2	4	4	4	4	4	1	1	4	4
a_{23}	3	3	3	2	5	2	3	3	4	4	2	5	3
a_{24}	4	2	4	3	4	4	4	4	4	4	2	4	4
a_{25}	3	5	5	4	4	5	5	4	5	5	3	5	5

a_{26}	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a_{27}	5	5	5	3	5	5	4	4	4	1	1	5	5
a_{31}	3	4	4	4	5	4	4	5	4	5	3	5	4
a_{32}	3	4	5	4	5	3	5	4	5	5	3	5	5
a_{33}	3	4	5	3	5	4	4	4	4	5	3	5	4
a_{34}	3	3	5	3	5	3	5	5	5	5	3	5	5
a_{35}	2	4	5	5	5	3	5	4	5	4	2	5	5
a_{36}	3	5	5	5	5	5	5	4	4	5	3	5	5
a_{37}	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5
a_{41}	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5
a_{42}	5	5	5	4	5	3	5	5	5	5	3	5	5
a_{43}	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5
a_{44}	4	5	5	3	5	5	5	4	5	5	3	5	5
a_{45}	4	3	5	4	5	5	5	4	5	5	3	5	5
a_{46}	5	5	5	4	5	3	5	4	5	5	3	5	5
a_{47}	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5

Quadro 50 - Resultados da terceira rodada do Delphi

Relação	Especialistas						Menor valor	Maior valor	Valor mais frequente
	B	C	E	G	H	N			
a_{11}	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a_{12}	4	4	4	4	4	3	3	4	4
a_{13}	3	4	4	5	4	4	3	5	4
a_{14}	3	4	4	4	4	4	3	4	4
a_{15}	5	5	5	5	5	5	5	5	5
a_{16}	3	4	4	4	4	4	3	4	4
a_{17}	4	5	5	5	5	2	2	5	5

a_{21}	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a_{22}	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a_{23}	3	3	5	4	3	4	3	5	3
a_{24}	2	4	4	4	4	4	2	4	4
a_{25}	5	5	5	5	5	5	5	5	5
a_{26}	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a_{27}	5	5	5	5	5	4	4	5	5
a_{31}	4	4	5	4	4	4	4	5	4
a_{32}	5	5	5	4	5	5	4	5	5
a_{33}	4	4	5	4	4	5	4	5	4
a_{34}	4	5	5	4	5	5	4	5	5
a_{35}	4	5	5	4	5	5	4	5	5
a_{36}	5	5	5	5	5	5	5	5	5
a_{37}	5	5	5	5	5	5	5	5	5
a_{41}	5	5	5	5	5	5	5	5	5
a_{42}	5	5	5	5	5	5	5	5	5
a_{43}	5	5	5	5	5	5	5	5	5
a_{44}	5	5	5	5	5	5	5	5	5
a_{45}	4	5	5	5	5	5	4	5	5
a_{46}	5	5	5	5	5	5	5	5	5
a_{47}	5	5	5	5	5	5	5	5	5

APÊNDICE D – ROTEIRO DE ENTREVISTAS

INFORMAÇÕES SOBRE A ORGANIZAÇÃO

Nome:

Ano de fundação:

Localização (sede e filiais):

Número de funcionários:

Linhas de produtos:

INFORMAÇÕES SOBRE O ENTREVISTADO

Nome:

Área na qual atua:

Cargo:

Tempo em que atua no cargo:

INFORMAÇÕES SOBRE A ENTREVISTA

Data:

Início:

Término:

INFORMAÇÕES SOBRE INDÚSTRIA 4.0 E SUAS TECNOLOGIAS

1) Você conhece as tecnologias da indústria 4.0?

   ( ) Sim ( ) Não

2) Em caso afirmativo, a empresa já implementou as tecnologias da indústria 4.0? Quais tecnologias?

TECNOLOGIAS	"x" (sim)
Sistemas ciber-físicos (*Cyber-physical systems*)	
Internet das Coisas (*Internet of things – IoT*)	
Sistemas de computação em nuvem (*Cloud computing*)	
Internet de serviços (*Internet of services - IoS*)	
Impressora 3D (manufatura aditiva (*3D printer*)	
Realidade aumentada (*Augmented Reality*)	
Realidade virtual (*Virtual reality*)	
Robôs colaborativos (*Cobots*)	
Aprendizado de máquina (*Machine Learning*)	
Big Data	
Veículos autônomos, incluindo drones	
Inteligência artificial	

TECNOLOGIAS	"x" (sim)
Blockchain	
Outras: Quais?	

3) Em quais setores essas tecnologias já foram implementadas?

4) Poderia dizer como foi o processo de implementação? Quais as principais dificuldades encontradas?

5) No caso das dificuldades, elas estavam relacionadas com a ausência de habilidades e competências dos funcionários?

( ) Sim ( ) Não

Por quê?

6) Quais foram os principais motivos que levaram a implementar as tecnologias da indústria 4.0?

7) Quais foram os benefícios gerados pela implementação das tecnologias da indústria 4.0?

8) Você conhece os princípios da indústria 4.0? – Perguntar qual(is) princípios fazem sentido para a realidade que ele vive

PRINCÍPIOS	"x" (sim)

9) Você considera que os princípios da indústria 4.0 e suas tecnologias têm relação com algumas competências/habilidades profissionais? Quais e por quê?

INFORMAÇÕES SOBRE AS COMPETÊNCIAS PROFISSIONAIS RELACIONANDO COM OS PRINCÍPIOS

I. Competências Pessoais/Cognitivas

A) Criatividade

1. Você considera sua equipe criativa?
2. Como você avalia a criatividade da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0 ? Qual(is) princípio(s) e por quê?

Princípio X

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

Princípio Y

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

B) Flexibilidade

1. Você considera sua equipe flexível?
2. Como você avalia a flexibilidade da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por quê?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

C) Motivação para aprender

1. Você considera sua equipe motivada a aprender?
2. Como você avalia a motivação para aprender da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

D) Competência para trabalhar em situações de estresse

1. Você considera sua equipe competente para trabalhar em situações de estresse?
2. Como você avalia a competência para trabalhar em situações de estresse da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

E) Autogestão

1. Você considera que sua equipe sabe se autogerir?
2. Como você avalia a autogestão da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

F) Visualização

1. Você considera que sua equipe tem uma visualização de como o seu papel/função influencia na estratégia da empresa?
2. Como você avalia a percepção dessa visualização da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

G) Pensamento crítico

1. Você considera que sua equipe possui pensamento crítico?
2. Como você avalia o pensamento crítico da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

H) Colaboração

1. Você considera que sua equipe possui espírito de colaboração?
2. Como você avalia o espírito de colaboração da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

I) Escuta ativa

1. Você considera que sua equipe possui a competência de escuta ativa?
2. Como você avalia a escuta ativa da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por quê?

⇨ Em sua opinião, qual é a importância das competências pessoais/cognitivas para a implementação das tecnologias da indústria 4.0 para adoção dos seus princípios?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

⇨ Sabendo que as competências pessoais/cognitivas envolvem criatividade, flexibilidade, motivação para aprender, competência para trabalhar em situações de estresse, autogestão, visualização, pensamento crítico, colaboração e escuta ativa, como essas competências são estimuladas a fim de auxiliar nos princípios da indústria 4.0? Poderia citar exemplos? Poderia relacionar com algum princípio?

II. Competências Sociais/Gerenciais/Profissionais

A) Capacidade de liderar

1. Você considera que sua equipe possui capacidade de liderança?
2. Como você avalia a capacidade de liderança da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

B) Trabalho em equipe

1. Você considera que sua equipe sabe trabalhar em equipe?
2. Como você avalia o trabalho em equipe da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

C) Orientação a serviços

1. Você considera que sua equipe é orientada a serviços?
2. Como você avalia a orientação a serviços da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

D) Comunicação efetiva

1. Você considera que sua equipe possui comunicação efetiva?
2. Como você avalia a comunicação efetiva da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

E) Inteligência emocional

1. Você considera que sua equipe possui inteligência emocional?
2. Como você avalia a inteligência emocional da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

F) Negociação

1. Você considera que sua equipe tem a competência de negociação?
2. Como você avalia a competência de negociação da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

G) Gestão de pessoas

1. Você considera que as pessoas da sua equipe possuem a competência para gerir outras pessoas?
2. Como você avalia a competência gestão de pessoas da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

H) Persuasão

1. Você considera que sua equipe tem a competência da persuasão?
2. Como você avalia a persuasão da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

⇨ Em sua opinião, qual é a importância das competências sociais/gerenciais/profissionais para a implementação das tecnologias da indústria 4.0 para adoção dos seus princípios?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

⇨ Sabendo que as competências sociais/gerenciais/profissionais envolvem capacidade de liderar, trabalho em equipe, orientação a serviços, comunicação efetiva, inteligência emocional, negociação, gestão de pessoas e persuasão, como essas competências são estimuladas a fim de auxiliar nos princípios da indústria 4.0? Poderia citar exemplos? Poderia relacionar com algum princípio?

III. Competências Metodológicas

A) Capacidade de resolver problemas

1. Você considera que sua equipe tem capacidade de resolver problemas?
2. Como você avalia a capacidade de resolver problemas da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

B) Resolução de conflitos

1. Você considera que sua equipe sabe resolver conflitos?
2. Como você avalia a resolução de conflitos da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

C) Competências analíticas

1. Você considera que sua equipe possui competências analíticas?
2. Como você avalia as competências analíticas da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

D) Competências de pesquisa

1. Você considera que sua equipe possui competências de pesquisa?
2. Como você avalia as competências de pesquisa da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

E) Capacidade de tomar decisões

1. Você considera que sua equipe tem capacidade de tomar decisões?

2. Como você avalia a capacidade de tomar de decisões da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

F) Competência interdisciplinar

1. Você considera que sua equipe tem capacidade aprender e conectar diversos outros assuntos fora do escopo do trabalho para conectá-los com o trabalho?
2. Como você avalia a capacidade de aprender sobre diversos assuntos fora do escopo do trabalho da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

⇨ Em sua opinião, qual é a importância das competências metodológicas para a implementação das tecnologias da indústria 4.0 para adoção dos seus princípios?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

⇨ Sabendo que as competências metodológicas envolvem capacidade de resolver problemas, resolução de conflitos, competências analíticas, competências de pesquisa, capacidade de tomar decisões, competência interdisciplinar, como essas competências são estimuladas a fim de auxiliar nos princípios da indústria 4.0? Poderia citar exemplos? Poderia relacionar com algum princípio?

IV. Competências Técnicas

A) Competência em TI (Tecnologia da Informação)

1. Você considera que sua equipe tem competência em segurança de TI?
2. Como você avalia a competência em segurança de TI da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

B) Competência de mídia

1. Você considera que sua equipe tem competência de mídia?

2. Como você avalia a competência de mídia da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

C) Controle de qualidade

1. Você considera que sua equipe tem competência em controle de qualidade?
2. Como você avalia a competência em controle de qualidade da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípios e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

D) Gestão do conhecimento

1. Você considera que sua equipe tem competência em gestão do conhecimento?
2. Como você avalia a competência de gestão do conhecimento da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

E) Conhecimento de estatística

1. Você considera que sua equipe tem conhecimento de estatística?
2. Como você avalia o conhecimento de estatística da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

F) Análise de dados e interpretação

1. Você considera que sua equipe tem conhecimento em análise de dados e interpretação?
2. Como você avalia o conhecimento de análise de dados e interpretação da sua equipe atualmente em relação aos princípios da indústria 4.0? Qual(is) princípio(s) e por que?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

⇨ Em sua opinião, qual é a importância das competências técnicas para a implementação das tecnologias da indústria 4.0 para adoção dos seus princípios?

0 - Sem influência ( )	1- Influência muito baixa ( )	2 – Influência baixa ( )	3 – Influência média ( )	4 – Influência alta ( )	5 – Influência muito alta ( )

⇨ Sabendo que as competências técnicas envolvem competência em TI, competência de mídia, controle de qualidade, gestão do conhecimento, conhecimento de estatística e análise de dados e interpretação, como essas competências são estimuladas a fim de auxiliar nos princípios da indústria 4.0? Poderia citar exemplos? Poderia relacionar com algum princípio?