

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

ROGÉRIO GLASER PRADO

**MODELO DE INTRODUÇÃO DE COMPETÊNCIAS INDIVIDUAIS PARA
PROJETOS DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0**

São Paulo

2021

ROGÉRIO GLASER PRADO

**MODELO DE INTRODUÇÃO DE COMPETÊNCIAS INDIVIDUAIS PARA
PROJETOS DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção da Universidade Nove de Julho - UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do título em Mestre de Engenharia

Orientador: Prof. Dr. Walter Cardoso Sátyro

São Paulo

2021

Prado, Rogério Glaser.

Modelo de introdução de competências individuais para projetos de implementação da indústria 4.0. / Rogério Glaser Prado. 2021. 77 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2021.

Orientador (a): Prof. Dr. Walter Cardoso Sátyro.

1. Indústria 4.0. 2. Competências. 3. Projetos.

I. Sátyro, Walter Cardoso. II. Título

CDU 658.5

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

DE

Rogério Glaser Prado

Título da Dissertação: Modelo de Implementação de Competências Hard e Soft para Projetos da Indústria 4.0.

A Comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, considera o(a) candidato(a) Rogério Glaser Prado aprovado.

São Paulo, 09 de junho de 2021.

Prof(a). Dr(a).Walter Cardoso Sátyro (UNINOVE / PPGE) – Orientador



Prof(a). Dr(a).Márcia Terra da Silva (UNIP / PPGE) – Membro Externo



Prof(a). Dr(a).Rosângela Maria Vanalle (UNINOVE / PPGE) – Membro Interno



Dedico esta etapa importante aos meus filhos, na certeza de estar transmitindo a eles o exemplo de dedicação, profissionalismo e paixão pela profissão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Pai Maior, que promove verdadeiros milagres, muitas vezes inesperados e não planejados, para eu realizar este Mestrado que era um sonho distante e Ele tornou realidade. Um momento único em minha vida profissional e pessoal.

Agradeço à CAPES pelo patrocínio dos estudos através da bolsa, sem a qual jamais poderia caminhar na evolução deste curso e buscar a evolução profissional e técnica.

Agradeço à minha família, esposa e filhos, pela compreensão e pelo apoio necessário para percorrer este árduo caminho até chegar aqui. Em vários momentos importantes estive distante com um objetivo maior, exatamente por eles, preparando um futuro mais seguro e sólido.

Aos meus pais, que sempre me incentivaram ao estudo, à ética, à responsabilidade pela conduta, a valorizar a relação interpessoal, a importância do ser humano, independente do grau de aprendizado ou posição social. Começar e terminar os projetos importantes da vida, executando sempre o melhor, multiplicando os conhecimentos adquiridos, compartilhando experiências, tornando-se melhor a cada dia.

Agradeço ao meu orientador, Professor Dr. Walter Cardoso Sátyro, que se dedicou com muita habilidade e experiência sólida na consolidação deste conteúdo acadêmico, bem como ao Prof. Dr. Mauro Luiz Martens, que me orientou boa parte deste trabalho.

Tive a oportunidade de compartilhar momentos com mestres excelentes, destacando o professor Geraldo Oliveira Neto, que iniciou meu caminho neste curso, me apoiando no período inicial, etapa desafiadora, de grande mudança, recomeçando os estudos acadêmicos. Professores que foram verdadeira referência técnica, transmitindo anos de conhecimentos nas aulas e nas atividades, em orientações, com o tempero da simplicidade e humildade.

A todos os colegas que compartilharam o mesmo caminho e em algum momento deram seu apoio, seu tempo e conhecimento para o enriquecimento da turma.

À instituição de ensino UNINOVE, que se torna cada vez mais importante no contexto educacional no Brasil, abrindo as portas para a preparação de profissionais para um mestrado, contribuindo para a evolução acadêmica do país.

Sou verdadeiro multiplicador desta instituição de ensino, divulgo com todas as letras, pois acreditou no meu potencial de aprendizado, promoveu um ambiente salutar de estudo, valorizando o conhecimento e respeitando os alunos.

A UNINOVE realmente foi um marco na minha carreira acadêmica e com certeza, refletirá em minha jornada profissional.

A todos que estiveram lado a lado nesta caminhada, direta e indiretamente, agregando conhecimentos e experiências, transformando a vida das pessoas.

O pessimista vê dificuldade em cada oportunidade.
O otimista vê oportunidade em cada dificuldade.
(Winston Churchill)

RESUMO

A chegada da indústria 4.0 mostra um novo caminho para alcançar os melhores resultados nas empresas, porém escassos estudos científicos abordam as competências necessárias para que a mão de obra possa preparar-se para operacionalizá-la. Este estudo tem por objetivo apresentar um modelo de implementação de competências hard e soft para projetos de implementação da Indústria 4.0. A metodologia utilizada foi a revisão da literatura, para identificação destas competências seguido de consulta à especialistas utilizando-se o método Delphi. O resultado foi a proposição de um modelo de implementação de competências hard e soft referendado por especialistas, uma contribuição teórica para estudos de Indústria 4.0, colaborando para avanços na gestão da tecnologia e inovação.

Palavras-chaves: Indústria 4.0. Competências. Projetos.

ABSTRACT

The arrival of industry 4.0 shows a new way to achieve the best results in companies, but scarce scientific studies address the skills necessary for the workforce to prepare to operationalize it. This study aims to present a model of implementation of hard and soft competencies for industry projects 4.0. The methodology used was the literature review to identify these competencies followed by consultation with specialists using the Delphi method. The result was the proposition of a model of implementation of hard and soft competencies endorsed by experts, a theoretical contribution to studies of Industry 4.0, contributing to advances in technology management and innovation.

Keywords: Industry 4.0. Competency. Projects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Visão Geral dos Capítulos.....	23
Figura 2 – As Revoluções e a evolução industrial.....	25
Figura 3 – Competências individuais.....	29
Figura 4 – Competências de interação.....	31
Figura 5 – Divisão de competências	34
Figura 6 – Visão ampla da revisão da literatura e caminho percorrido.....	39
Figura 7 – Sequência lógica adotada	40
Figura 8 – Análise de redes de palavras	45
Figura 9 – Integração entre competências	54
Figura 10 – Competências listadas e respectivas Fases de Evolução.....	56
Figura 11 – Material enviado para os especialistas para análise da lista de competências e as Fases de implementação.....	61
Figura 12 – Estrutura consolidada após aplicação do método Delphi.....	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução dos artigos da amostra.....	42
Gráfico 2 – Autores que mais publicaram na amostra.....	43
Gráfico 3 – Universidades com mais autores da amostra	43
Gráfico 4 – Países de origem das pesquisas	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Etapas do futuro da educação.....	30
Quadro 2 – Competências de interação e significados	31
Quadro 3 – Competências Hard e Soft para projetos de implementação da Indústria 4.0	36
Quadro 4 – Competências Hard e Soft conforme autores para formatação de uma matriz de necessidades de formação para projetos de implementação da Indústria 4.0	48
Quadro 5 – Competências listadas e autores de destaque.....	53
Quadro 6 – Classificação das Fases de Evolução	55
Quadro 7 – Lista completa de Competências Hard e Soft para projetos de implementação da Indústria 4.0 e respectiva descrição	57
Quadro 8 - Avaliação recebida da 1ª rodada pelos 4 especialistas.....	62
Quadro 9 – Avaliação recebida da 2ª rodada pelos 4 especialistas.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade e proporção de competências Hard e Soft.....	54
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

I 4.0	4ª Revolução Industrial
IA	Inteligência Artificial
IoT	<i>Internet of Things</i> /Internet das Coisas
QI	Quociente de Inteligência
RA	Realidade Aumentada
RH	Recursos Humanos
TI	Tecnologia da Informação
TPS	<i>Toyota Production System</i>

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	25
1 INTRODUÇÃO	17
1.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	20
1.2 OBJETIVOS DE PESQUISA.....	21
1.2.1 OBJETIVO GERAL	21
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1.3 JUSTIFICATIVA	21
1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	22
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	23
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	25
2.1 ANÁLISE CONCEITUAL SOBRE PROJETOS DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0.....	25
2.2 COMPETÊNCIAS	28
2.3 COMPETÊNCIAS EM PROJETOS DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0.....	29
3 METODOLOGIA	38
3.1 METODOLOGIA E REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	41
3.1.1 ANÁLISE DOS ARTIGOS	43
3.1.2 ANÁLISE DE REDES.....	46
3.2 DESDOBRAMENTO DA MATRIZ DE COMPETÊNCIAS E RESPECTIVOS AUTORES.....	54
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	62
4.1 AVALIAÇÃO POR PROFISSIONAIS ESPECIALISTAS	62
5 CONCLUSÕES	69
REFERÊNCIAS	71
APÊNDICE.....	68

1 INTRODUÇÃO

O uso de novas tecnologias necessitará da capacitação da mão de obra, para aquisição de novas competências e adaptação a novos tipos de trabalho e novas formas de trabalhar, onde agilidade e capacidade de adaptação a mudanças são relevantes, fazendo-se preciso interagir o negócio da empresa com o projeto da indústria 4.0 (SCHUH et al., 2017).

A primeira Revolução Industrial (Indústria 1.0) ocorreu entre a segunda metade do século XVIII até a metade do século XIX, impulsionado pela mecanização e uso do vapor como energia; a segunda Revolução Industrial (Indústria 2.0) ocorreu entre meados do século XIX até a primeira metade do século XX, trazendo a produção em massa, com base na energia elétrica; a terceira Revolução Industrial (Indústria 3.0) se desenvolveu na segunda metade do século XX, graças ao uso da automação, computação, robótica e da eletrônica. A quarta Revolução Industrial (Indústria 4.0) teve início na primeira década do século XXI e é o período que a humanidade está vivendo (SCHWAB, 2016).

O termo indústria 4.0 foi publicamente divulgado em 2011, na Alemanha, país em que a representatividade das indústrias manufatureiras é uma das mais competitivas do mundo (BAL; ERKAN, 2019). O conceito está na interligação de novas tecnologias por meio da internet, gerando assim as fábricas inteligentes (ASSANTE et al., 2019), porém a Indústria 4.0 vai além da interligação de máquinas e produtos à Internet, sendo necessário mudar a estrutura das organizações para sua implementação, precisando haver uma transformação na cultura e da própria organização, preparando para esse novo conceito, qualificada como fase preparatória para o novo caminho (SCHUH et al., 2017).

A Indústria 4.0 é o meio de produção inteligente, conectada em sinergia com processos, máquinas e produto sendo que novas competências serão necessárias para a sua condução. Segundo Sacomano et al. (2018), este novo sistema produtivo, integrado por computador e dispositivos móveis interligados à internet ou à intranet, possibilita a programação, o gerenciamento, o controle, a cooperação e a interação com o sistema produtivo. Segundo Sacomano et al. (2018), a Indústria 4.0 tem como princípios formadores: elementos fundamentais, estruturantes e complementares, sendo estes respectivamente, sistemas ciber físicos, internet das coisas como fundamentais, automação, inteligência artificial, big data, computação em nuvem,

integração de sistemas, segurança cibernética como estruturantes e uma série de elementos complementares, destacando as etiquetas RFID, QR code, manufatura aditiva e realidade virtual.

Executar as atividades na produção com a máxima eficiência, elevados índices de produtividade a custos menores, ligada à maior participação dos clientes na cadeia produtiva, tem sido o desafio contínuo das organizações (BAL; ERKAN, 2019). Nesse contexto, o colaborador que está ao lado do equipamento torna-se o verdadeiro gestor do processo (AZMI et al., 2019).

A evolução dos processos e equipamentos é uma realidade atualmente, agregando novas tecnologias, sistemas digitais, instrumentação, automação, enfim, o cenário da indústria 4.0. Uma realidade cada dia mais presente nas fábricas – um novo modelo digital –, verdadeiras fábricas inteligentes, incorporam equipamentos com características específicas, esta será o maior desafio no complexo cenário para implementação dos conceitos da indústria 4.0, a formação estruturada da mão de obra em todos os níveis da organização (SIDDOO et al., 2019).

O colaborador é o centro deste importante universo fabril segundo os autores Liboni et al. (2019), que precisa ser preparado, atualizado, orientado pela liderança para conduzir os processos neste cenário diferente de tudo que ele já viu e vivenciou na carreira profissional. Para que este sistema de produção funcione bem, no melhor desempenho, sem paradas repentinas de processos, sem quebras súbitas de equipamentos, garantindo assim, a continuidade na fabricação, torna-se necessário investir nestes profissionais, o que é fundamental para o êxito para a Indústria 4.0.

Os autores Dutta et al. (2019) colocam a estratégia de formação e preparação em dois eixos: no primeiro eixo estão os temas técnicos, racionais, metodológicos, e no segundo eixo estão os temas comportamentais, que são posicionados nas atitudes do ser humano, como comunicação, trabalho em equipe e ética. A reunião inteligente destes eixos proporcionará a estruturação destes profissionais para a Indústria 4.0.

Desenvolvimento de competências é importante, compartilhando conhecimentos e tornando o ambiente fabril motivador, onde querer aprender é relevante para a Indústria 4.0.

As pessoas são o pilar de sustentação, fazendo-se necessário direcionar o colaborador em sintonia com as novas tecnologias, a verdadeira fábrica de aprendizagem, onde competências são agregadas, refletindo-se em processos mais estáveis, com menos perdas e alta performance (AZMI et al., 2019). A matriz de

competências – aplicadas até então nas organizações – deverá sofrer alterações significativas, pois os colaboradores estarão cada vez mais inseridos nas decisões do setor e projetos (BAL; ERKAN, 2019). Tem-se aqui uma lacuna de estudos, pois deverão ser incorporados mais atributos pessoais e sociais, reduzindo as atividades repetitivas que serão automatizadas, concentrando nas atividades baseadas nos conhecimentos e habilidades mais técnicas.

Segundo Liboni et al. (2019), vários temas devem ser incorporados à matriz de competências para esse novo modelo, um grande desafio às organizações que caminharão na direção da gestão de projetos para a Indústria 4.0. As empresas terão que estruturar um novo formato de preparação destes colaboradores que estarão à frente deste novo conceito denominado Indústria 4.0, reaprendendo e incorporando novas tecnologias; a experiência nos processos é importante, porém para a Indústria 4.0 não será suficiente.

Investir nas competências de formação dos colaboradores é relevante para o êxito do processo de implementação da Indústria 4.0, havendo um verdadeiro hiato quando se abordam competências para um operador nível Excelência numa empresa. O desafio é preparar as pessoas que atuarão direta e indiretamente na gestão e/ou operações da manufatura na indústria 4.0. A literatura destaca a importância da interação entre máquinas, produtos e pessoas: a ideia base da Indústria 4.0 é ampla conectividade, otimizando assim, a troca de dados e informações através de redes inteligentes em toda cadeia de valor, promovendo a tomada de decisões rápidas (DALING et. al., 2018).

Em artigos pesquisados até o ano de 2021, os quais abordam o tema competências para a indústria 4.0, Kipper et al. (2021) apresentam uma lista de 37 competências hard e soft e Kruger e Steyn (2021) apresentam um conjunto de 7 competências direcionadas para a atividade específica de Realidade Aumentada (RA). Nenhum desses artigos menciona como implementá-los na prática, ou seja, qual o caminho a ser percorrido para a implementação das competências para a indústria 4.0.

Em uma visão histórica, ficam evidentes alguns patamares exigidos do grau de competência. Assim sendo, iniciando com a fase taylorista-fordista, os trabalhadores eram treinados para dominar apenas as atividades sob sua responsabilidade, sem a visão do todo. A preocupação na época era capacitar o trabalhador para executar sua atividade com alta destreza e produtividade. Com a evolução no setor industrial, inicia-

se o sistema toyotista, o qual exigiu um trabalhador multidisciplinar. Afinal, esse sistema estava inserido no contexto da produção flexível, exigindo um trabalhador também mais flexível.

Na etapa seguinte, há o contexto da transformação digital, cujo termo se amplia e aborda um novo desenvolvimento de profissionais. Um operador que estará inserido neste contexto deverá receber um conteúdo efetivo que, além de assimilável, será colocado em prática na realidade e necessidade requerida para projetos de implementação da Indústria 4.0.

A denominação “operador 4.0” refere-se a um profissional portador das competências hard e soft, o qual receberá esse conteúdo de formação em linha com o grau de absorção dos conhecimentos, ou seja, passo a passo. A preparação desse profissional será um desafio cujo caminho/método deverá ser direcionado em sua aplicação (DOMBROWSKI; WAGNER, 2014).

As revoluções industriais não mudam somente os sistemas de produção e as tecnologias, mudam também a forma e circunstâncias do trabalho. A Indústria 4.0 promove mudanças efetivas no cenário corporativo, setores e áreas de trabalho surgem, necessitando de novas competências, novas habilidades, sejam técnicas, chamadas **competências hard**, assim como mudanças comportamentais, atitudes que refletem num ambiente de aprendizagem contínua, chamadas **competências soft**. Estes dois grupos de formação são denominados de hard e soft, respectivamente, e são fundamentais para o êxito da implementação da Indústria 4.0, a base de sustentação de novo modelo de gestão produtiva da manufatura (KAASINEN et al., 2019).

1.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Dentro deste contexto e buscando-se gerar conhecimentos que possam preencher a lacuna de pesquisa identificada, este trabalho propõe responder a seguinte questão de pesquisa: Como deveria ser um modelo de introdução de competências individuais para capacitação de colaboradores em projetos de implementação da Indústria 4.0?

1.2 OBJETIVOS DE PESQUISA

Para responder à questão de pesquisa, foram considerados os seguintes objetivos:

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta dissertação é desenvolver um modelo de implementação de competências hard e soft para projetos de implementação da Indústria 4.0, e para tal elencam-se os seguintes objetivos específicos:

1.2.2 Objetivos específicos

a) Identificar e avaliar as competências destacadas na literatura em projetos para a implementação da indústria 4.0.

b) Apresentar uma lista consistente de competências hard e soft que servirá como base de sustentação para os gestores, equipes e desenvolvimento de pessoas a guiá-los em seus respectivos projetos de implementação da Indústria 4.0.

c) Desenvolver um modelo teórico de implementação de competências hard e soft para projetos de implementação da Indústria 4.0.

1.3 JUSTIFICATIVA

As empresas estão renovando o parque fabril, pois o tempo médio atual das máquinas nas empresas está ao redor de 23 anos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS, 2020), sendo que as máquinas atuais adquiridas já estão em sintonia com a Indústria 4.0 e com nível de tecnologia superior à anterior.

Nesta atualização, os operadores que trabalhavam na linha instalada há mais de duas décadas, não conseguirão desenvolver a performance necessária na atual. O conteúdo tecnológico será diferente, exigindo assim, outro grau de compreensão, domínio do processo e equipamentos, afinal, o ser humano será sempre o ponto central na gestão inteligente dos projetos de implementação da Indústria 4.0. O caminho passa pela formação técnica e comportamental deste profissional, amplo,

flexível, utilizando ferramentas de análise, atuando conjuntamente com a equipe e analisando continuamente os dados fornecidos pelo sistema de dados.

As tecnologias têm por objetivo central a transformação da indústria tradicional para a chamada “fábrica inteligente”, que segue no mesmo conceito da Indústria 4.0, caracterizada pela adaptabilidade e eficiência de recursos na integração dos clientes com os negócios.

Um desafio alavancado pela Indústria 4.0 está nos Recursos Humanos (RH), pois este setor das empresas necessita focar no desenvolvimento deste nível de atividade na fábrica, garantido a formação hard e soft.

Considerado por diversos autores como o alicerce da Indústria 4.0, garantir a formação técnica e comportamental será a comprovação de uma equipe focada, preparada e atuando de forma inteligente direcionada para a Indústria 4.0 (SIDDO et al., 2019; LIBONI et al., 2019; KAASINEN et.al., 2019). Os sistemas industriais estão em transformação, impactando diretamente o perfil da força de trabalho. A orientação é trabalhar com ambientes de aprendizagem, afinal, as partes interessadas nesse contexto da Indústria 4.0 deverão ser reestruturadas, a começar pelos sistemas educacionais, ampliando o conhecimento e capacitação do conjunto de competências.

Será preciso repensar a formação da mão de obra direta, através dos operadores de máquinas e processos, assim como as equipes de manutenção, ligadas indiretamente aos processos e diretamente à disponibilidade destes para cumprirem o plano de produção.

A 4ª Revolução Industrial exige outro nível de domínio dos processos, equipamentos e sistemas de informações (SACOMANO et al., 2018). Um grande desafio, pois as empresas precisam lidar com as novas exigências da indústria 4.0. O direcionamento será através da visão de competências com foco nas necessidades atuais e futuras do mercado, assim como equacionar com a realidade de cada empresa que estará na direção da Indústria 4.0.

1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

As competências listadas neste trabalho foram exclusivamente as encontradas nos artigos acadêmicos selecionados em bases de dados científicos, que atuam diretamente na formação e preparação dos trabalhadores para se engajarem nos projetos de implementação da Indústria 4.0.

Alguns autores classificaram várias categorias de competências. Entretanto, o nosso foco do trabalho está em duas específicas e unânimes entre os autores. São elas: competências hard e soft.

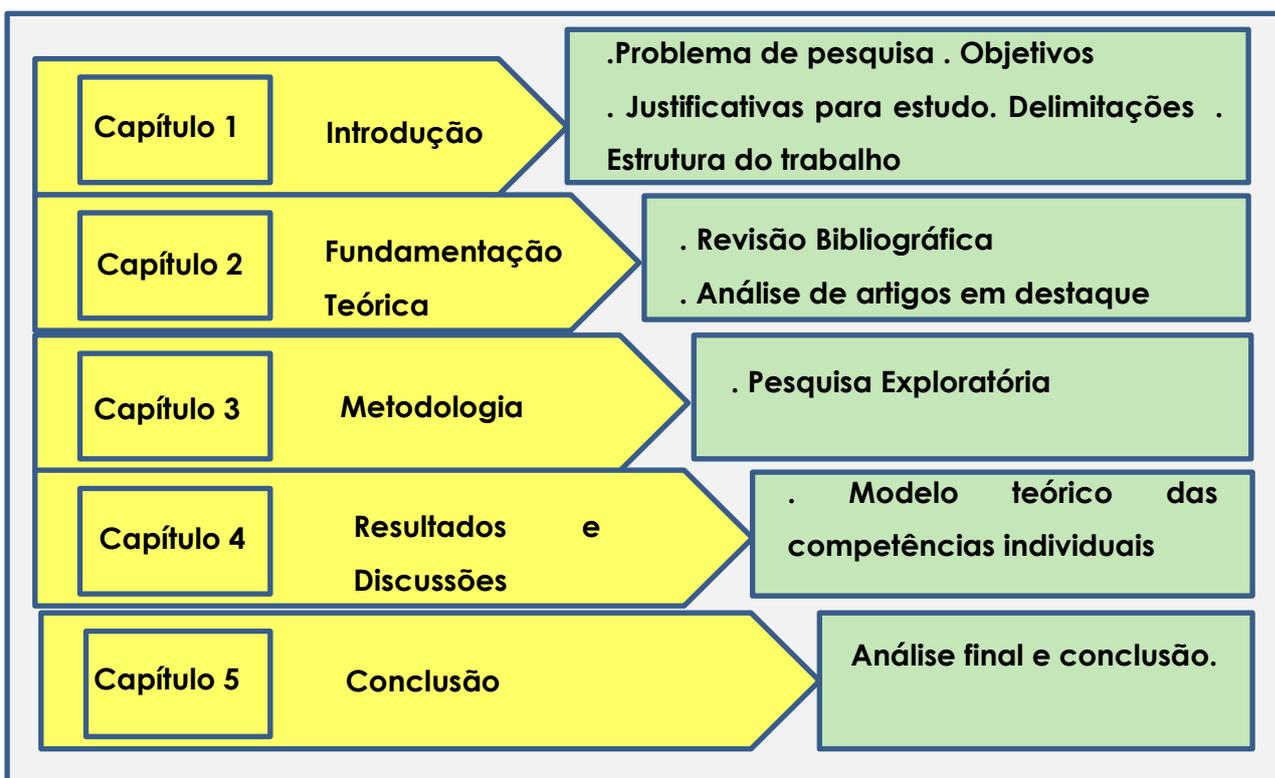
Pela limitação física, no cenário atual onde a ordem pública é manter-se em distanciamento social, os estudos aqui apresentados serão limitados à cidade de São Paulo, sejam empresas, sejam profissionais e especialistas consultados.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O conteúdo deste trabalho refere-se à dissertação para o mestrado em Engenharia de Produção, descrito abaixo e apresentado na Figura 1, desdobrado por seções.

Este trabalho apresenta 5 capítulos, sendo o primeiro capítulo esta introdução. No segundo capítulo, foi desenvolvida a revisão bibliográfica, análise de artigos em destaque, foco na análise e competências destacadas na literatura consultada. No terceiro capítulo, foi estabelecida a metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho. O quarto capítulo apresentou a análise de especialistas sobre o modelo teórico proposto, quando se utiliza o método Delphi como ferramenta de consolidação do modelo proposto. Os resultados foram analisados e interpretadas as descrições dos especialistas. Por fim, no quinto e último capítulo foi realizada a conclusão deste trabalho e as limitações e oportunidades de avanço em pesquisas futuras.

Figura 1 – Visão Geral dos Capítulos



Fonte: Autor (2020)

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ANÁLISE CONCEITUAL SOBRE PROJETOS DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

O termo “Indústria 4.0” foi divulgado pela primeira vez em 2011 na Alemanha (SACOMANO; GONÇALVES; da SILVA; BONILLA; SÁTYRO, 2018), economia das mais competitivas do mundo. A estratégia direcionada pela Alemanha para aplicação do modelo 4.0 está no fortalecimento à produtividade baseada em tecnologia. A indústria 4.0 se baseia em que as tecnologias de internet darão suporte às futuras fábricas, substituindo os tradicionais componentes por sistemas ciberfísicos dinâmicos e inteligentes que combinam objetos físicos com sua representação digital (QUINT; SEBASTIAN; GORECK, 2015; SACOMANO et al., 2018).

O uso de tecnologias de automação na produção diminuiu a necessidade de mão de obra humana, principalmente nas atividades repetitivas, focando nas de maior nível técnico, efetuando grandes mudanças nos processos de fabricação (BAL; ERKAN, 2019).

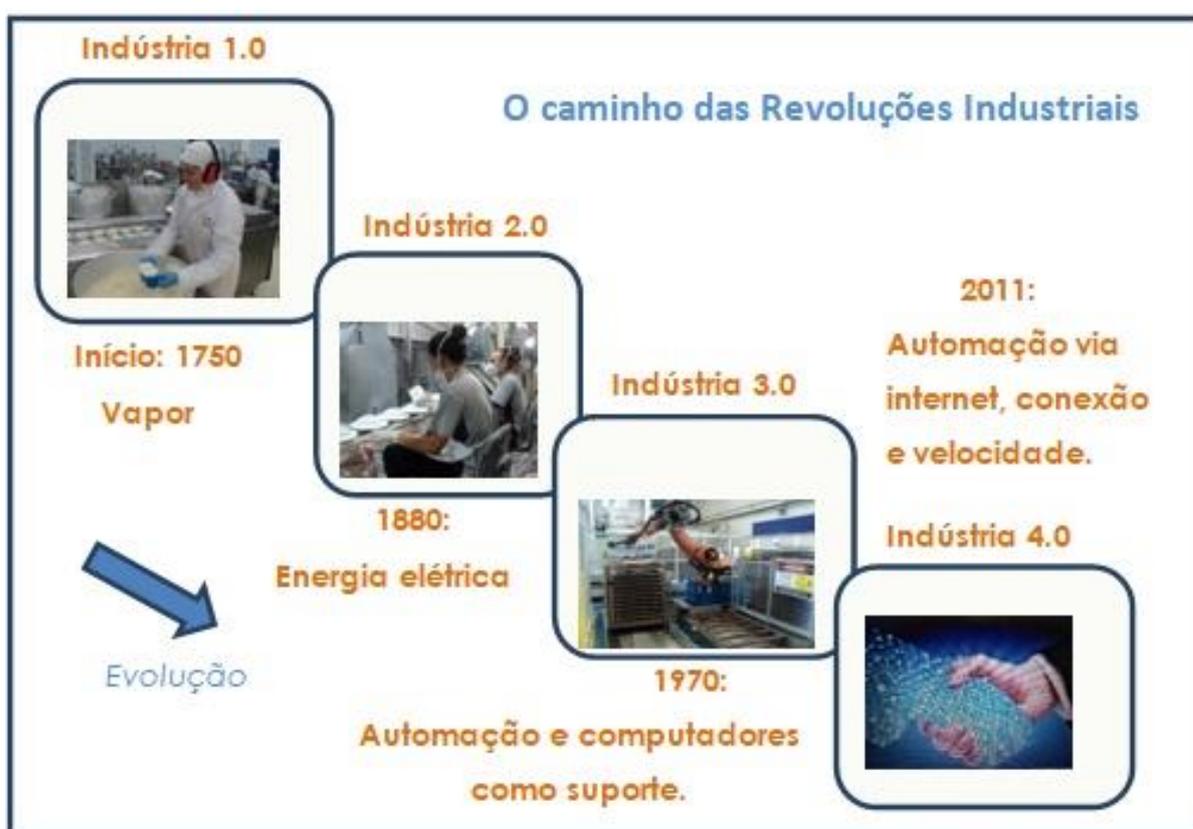
A primeira revolução industrial começou com a mecanização da produção utilizando energia a vapor; à segunda revolução agregou-se a energia elétrica; à terceira, a chegada da eletrônica e automação dos sistemas de produção, essa com conteúdo técnico e com reflexo nos indicadores de performance nos sistemas produtivos, sendo que a tecnologia da informação foi agregada pela primeira vez às máquinas e processos, assim como, o início de um sistema mais flexível de produção (BAL; ERKAN, 2019).

Destacado por Muktiarni et al. (2019), o termo quarta revolução industrial tem sido aplicado no desenvolvimento tecnológico e na digitalização, aplicando toda tecnologia presente, transmitindo em efetividade de dados e velocidade nas informações, utilizando assim, menor necessidade de intervenção, mas sim, intervenções mais qualificadas.

Atualmente, devido ao rápido desenvolvimento da digitalização, tem-se a quarta revolução industrial, na qual há mudanças disruptivas ocorrendo nos sistemas de fabricação, onde o uso de tecnologias inteligentes permite obter processos, produtos e serviços mais eficientes (LIBONI et al., 2019).

Projetos para implementação deste novo modelo requerem um planejamento para garantir os resultados esperados no novo modelo 4.0. Faz-se necessário um conjunto de habilidades para indústria 4.0, um conjunto em detalhe e materiais de preparação conceitual em indústria 4.0, fundamentais para execução do projeto (SIDDOO et al., 2019). A compreensão dos passos, os conceitos envolvidos e a aplicação de cada tecnologia deverão ser compreendidos e validados pela equipe de projeto de implantação destes sistemas atuais.

Figura 2 – As Revoluções e a evolução industrial



Fonte: Autor (2020)

A 4ª Revolução industrial – a Indústria 4.0 – tem por um de seus pilares a *Internet of Things* (IoT) – internet das coisas –, agregando o conceito de Fábricas Inteligentes (Smart Factory), onde haverá produtos inteligentes e únicos, que podem ser localizados a qualquer momento, com possibilidade de conhecer sua história em todas as etapas de fabricação (SACOMANO et al., 2018). Cada vez mais objetos inteligentes para a vida e o trabalho são impulsionados pela IoT, promovendo uma revolução para o ambiente fabril, ampliando assim, a comunicação entre ambientes físicos e virtual.

Nesse contexto, o ser humano é a peça mais importante do sistema, pois planeja, controla, inspeciona, gerencia, comunica e empenha-se em solucionar os problemas (QUINT; SEBASTIAN; GORECK, 2015).

Liboni et al. (2019) enfatizam que as competências e qualificações do trabalhador vêm se tornando o tema de sucesso em uma fábrica altamente inovadora, e destacam que o capital humano é de fundamental importância para a Indústria 4.0.

Alguns autores consideram que na fase de estruturação para Indústria 4.0 deve-se aplicar ferramentas do Lean, revisando, reavaliando, e acima de tudo, resolvendo as dificuldades prioritárias nos processos existentes (NITU; GAVRILUTA, 2019).

Descrito por Nitu e Gavrilita (2019), a Fábrica Lean, *Learning Factory*, uma abordagem utilizando o Toyota *Production System* (TPS), aplica as ferramentas de análise e solução de problemas nos processos. Isso é Lean manufacturing, simulação dinâmica e design de layout, aplicados nos processos de fabricação.

Devido aos desenvolvimentos no campo da tecnologia, os processos de produção tornaram-se sistemas inteligentes e executáveis. Os componentes da Indústria 4.0 podem ser listados como: Big Data, robôs autônomos, realidade aumentada, manufatura aditiva, computação em nuvem, segurança cibernética, IoT e simulação, aplicados de forma focada no cenário real das necessidades dos processos (NITU; GAVRILUTA, 2019; SACOMANO et al., 2018).

A formação dos colaboradores em todos os níveis na indústria será alterada através do desenvolvimento da revolução industrial 4.0, um novo padrão estabelecido, com conteúdo técnico e comportamental interconectados. A tecnologia disruptiva está presente especialmente na educação, que deve se ajustar ao novo modelo, denominado fábricas inteligentes. A evolução se consolida na relação homem x máquina, onde interação e cooperação entre eles formatará o novo modelo, mais eficiente, produtivo, inteligente e com menos atividades repetitivas (MUKTIARNI et al., 2019).

Para os projetos de implementação da Indústria 4.0 há uma tendência crescente da digitalização de toda a cadeia de valor e conexão entre as pessoas, objetos e sistemas através da troca de dados em tempo real. Capital humano, inovação, tecnologia, flexibilidade e agilidade têm sido fatores mais importantes para alcançar o sucesso econômico. Como menos mão de obra será empregada, os custos

unitários ficarão reduzidos, o que se torna uma vantagem competitiva, principalmente com relação à China quanto ao custo de mão de obra (BAL; ERKAN, 2019).

Segundo Sacomano et al. (2018), a indústria 4.0 se estrutura num sistema modular de fábricas inteligentes (smart factories), onde sistemas ciber físicos, monitoram processos físicos, podendo tomar decisões descentralizadas. Através da internet das coisas (IoT), sistemas ciber físicos se comunicam, interagem e cooperam uns com os outros, cada qual na sua respectiva função no processo produtivo, com os humanos em tempo efetivo, no exato momento. O termo indústria 4.0 recebe a interpretação mais ampla, no sistema de produção, não se limitando somente a indústria, ampliando assim, a aplicabilidade destes conceitos.

2.2 COMPETÊNCIAS

O conceito de competência é antigo, porém com o avanço da globalização e a constante necessidade de mudanças e de aperfeiçoamento dos processos produtivos nos mais diversos setores econômicos, ela foi se reinventando (FLEURY; FLEURY, 2001). Competência é um saber agir responsável e reconhecido, que implica mobilizar, integrar, transferir conhecimentos, recursos, habilidades, que agreguem valor econômico à organização e valor social ao indivíduo (FLEURY; FLEURY, 2001).

Para Boyatzis (1982), competência é a capacidade de resolução de problemas, demonstrada usando conhecimentos, habilidades e atitudes. Competências individuais significam qualificações para executar alguma tarefa, querendo-se dizer que pessoas detêm conhecimentos e habilidades que possibilitam que a tarefa realize, (BOYATZIS, 1982).

De acordo com Shamim et al. (2017), em qualquer organização, as principais condições de formação e desenvolvimento das capacidades, habilidades, atitudes e comportamentos dos trabalhadores se dá por meio das práticas de Recursos Humanos (RH). As principais práticas são: pessoas, treinamentos, avaliação de desempenho, projeto de trabalho e remuneração.

2.3 COMPETÊNCIAS EM PROJETOS DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

A interação homem-máquina deverá ser ampliada com conceitos psicológicos e pedagógicos adequados, um direcionamento diferenciado de tudo que foi aplicado anteriormente. Abordado por Siddoo et al. (2019), conhecimentos técnicos para uso da Tecnologia da Informação (TI) como base de formação são desdobrados em seis grupos a serem desenvolvidos: estratégia e arquitetura; mudança e transformação; desenvolvimento e implementação; entrega e operação; conhecimento de qualidade; engajamento e relacionamentos, onde visualizam-se necessidades técnicas, conceituais e itens que abordam os aspectos comportamentais, as atitudes esperadas para o novo modelo.

Na gestão de operações, os autores D’Orazio, Schiraldi e Vicenzi (2020) destacam que a gestão de Recursos Humanos desempenha um papel crucial na adoção de uma vantagem competitiva e as competências destinam-se ao desenvolvimento dos profissionais no âmbito do comportamento humano, tais como: talento, engajamento, dedicação e compromisso com os resultados.

Em relação às competências individuais e organizacionais, focando na primeira, há duas interpretações: comportamentos e descrição de tarefas de trabalho.

Competência está relacionada à definição de habilidades e conhecimento. Este se refere à informação e ao aprendizado de uma pessoa, à interação entre inteligência e oportunidade de aprendizado. Já a habilidade é a capacidade de uma pessoa de realizar determinada tarefa. As habilidades cognitivas englobam, por exemplo, coordenação motora, atenção, memória e raciocínio para resolução de problemas.

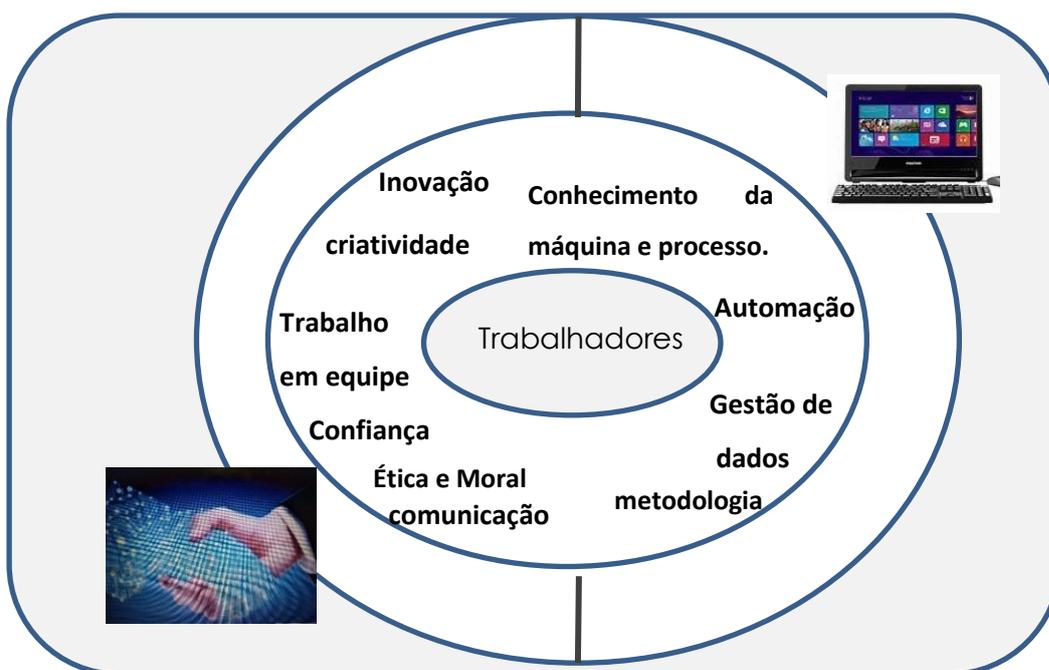
As atitudes referem-se a autoconceitos e valores, atitudes pessoais e autoimagem. Já a motivação está relacionada aos motivos, emoções, desejos e necessidades fisiológicas. Habilidades e conhecimentos são mais fáceis de desenvolver. Dessa forma, o critério atitude é utilizado para a aquisição de um trabalhador.

Flores, Xu e Lu (2020) desenvolvem o estudo formatando a arquitetura centrada no ser humano, ou seja, através de algumas orientações específicas para formatar o conceito de Educação 4.0, que responderá para as necessidades latentes de preparação da mão de obra nas organizações. Será preciso mudar o cenário atual onde a oferta de trabalho— seja de trabalhadores, seja de estudantes – não atende às

reais necessidades. A lacuna mais impactante atualmente está nas soft skills, respectivamente em flexibilidade, tomada de decisão, cooperação. No aspecto de competências hard, aborda-se a compreensão dos processos, os conhecimentos interdisciplinares, as habilidades digitais e as habilidades cognitivas, tais como a resolução de problemas e o raciocínio analítico. Agregar na formação de Engenharia a inteligência emocional.

A educação é um grande motor do crescimento econômico. Educação 4.0 é um novo termo proposto que destaca a evolução da educação. Na sequência, na Figura 3, visualiza-se a interação entre as competências hard e soft nos projetos de implementação da Indústria 4.0. A evolução das pessoas deverá estar em sintonia, somando os aspectos técnicos e comportamentais.

Figura 3 - **Competências Individuais**



Fonte: Autor (2020)

O conceito de fábrica de ensino também foi sugerido para facilitar o ensino e sua aplicabilidade nas fábricas.

De acordo com Flores, Xu e Lu (2020), as etapas do futuro da educação são:

1. Conteúdo
2. Meios de aprendizagem
3. Meios de interação
4. Flexibilidade de adaptação

5. Meios de apoio
6. Método de avaliação
7. Correções necessárias

No Quadro 1, a seguir, são explicitadas as principais características na formação do profissional 4.0, conforme Flores, Xu e Lu (2020).

Quadro 1 – Etapas do futuro da educação

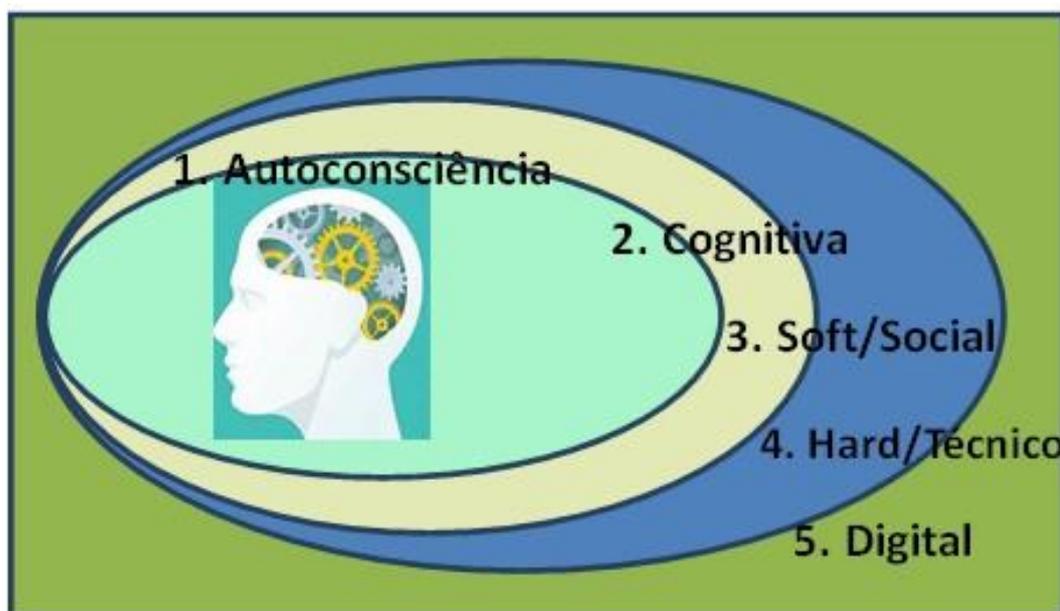
Etapas do futuro da educação		
Item	Etapa	Principais características na formação do profissional 4.0
1	Conteúdo	Abordar detalhadamente os tópicos que serão desenvolvidos no profissional; Efetuar plano de formação para cada setor; Unir critérios técnicos e metodológicos.
2	Meios de aprendizagem	Unir teoria, conceitos fundamentais e atividade prática; Confecção, impressão e leitura de manual técnico; Confecção de miniaturas ou maquetes; Utilização de softwares.
3	Meios de interação	Aplicação dos treinamentos; Integração de profissionais de áreas e setores distintos.
4	Flexibilidade de adaptação	Avaliação de flexibilidade de adaptação dos profissionais em relação às atividades aplicadas no conteúdo da formação.
5	Meios de apoio	Assistência do instrutor; Acompanhamento na condução da metodologia.
6	Método de avaliação	Quantificação da absorção de conhecimentos; Avaliação da eficácia de estratégia e didática aplicadas no processo de formação.

7	Correções necessárias	Avaliação e aprimoramento do processo de formação.
---	-----------------------	--

Fonte: Flores; Xu; Lu (2020)

Na Figura 4 e no Quadro 2 estão descritas as cinco competências para formação do trabalhador, chamadas de competências de interação, conforme Flores, Xu e Lu (2020).

Figura 4 – Competências de interação



Fonte: Flores; Xu; Lu (2020)

Quadro 2 – Competências de interação e significados

Competências de interação	
Competência	Significado
Autoconsciência	Inteligência Emocional
Cognitiva	a) Quociente de Inteligência (QI) b) Exterior com o mundo
Soft/Social	Comunicação; colaboração
Hard/Técnica	Projetos, tarefas, análises técnicas e planejamento
Digital	Habilidades digitais

Fonte: Flores; Xu; Lu (2020)

A seguir, os detalhes de cada uma das competências citadas no quadro acima:

Autoconsciência: O resultado dos aspectos racionais em sintonia com os sentimentos, a emoção, a vibração, um quadro real da melhor condução dos projetos

de formação. Base do profissionalismo necessário aos projetos 4.0, contendo atributos sólidos de tecnologia, sem desviar o foco para a formação de equipes que sabem reconhecer seus limites e somam, acima de tudo, através de equipes multidisciplinares. Uma linha específica de atividades que realmente faz brilhar o profissional, crescendo continuamente e apoiando na evolução da equipe.

Competência Cognitiva/Funcionamento Cognitivo: O raciocínio para resolução de problemas, a inteligência propriamente dita, a sequência lógica para a condução da análise de problemas específicos. Visualizar amplamente, compreendendo o que ocorre à sua volta e obtendo assim, os melhores resultados.

Competências Sociais: Interagir com o ambiente de trabalho, transformando em ambiente de aprendizado, compreendendo as reais necessidades dos colaboradores que compartilham os mesmos objetivos. Exerce a empatia a todo o momento, pois entende que cada um tem suas habilidades e dificuldades.

Competências Hard: Tarefas com conteúdo técnico, metodologias amplamente aplicadas nas atividades solicitadas, a razão presente nas abordagens do cotidiano, focado sempre na melhor solução e nos melhores resultados.

Competência Digital: A chegada da Indústria 4.0 foi através do “tapete digital”, uma expressão que representa a chegada de uma nova era, trazendo a mais atual tecnologia (Flores; Xu; Lu, 2020). O desafio é tornar assimilável por todos que estão vivenciando ou se preparam para os projetos de implementação da Indústria 4.0. Os pilares formam a nova era digital, utilizam-se desta nova fonte de conhecimento, alterando a velocidade das informações, das ações sequenciais e das tomadas de decisões.

A reunião de conceitos e temas serão aplicados de forma planejada e estruturada, visando o desenvolvimento das competências que transmitirão um novo cenário produtivo. As competências fornecerão a base de sustentação do novo modelo, no qual o ser humano é parte fundamental na interação de dados e informações.

Segundo Cazzolla et al. (2019), os trabalhadores da Indústria 4.0 devem ser solucionadores de problemas, pensadores críticos, inovadores, comunicadores, criativos para se adaptarem aos novos cenários em constante evolução e possuir facilidade de interação pessoal para atividades em equipe.

Enke et al. (2018) destacam a digitalização do *Lean Production*, promovendo a melhoria do sistema e não a substituição. Este é o caminho da melhoria do sistema

de produção. Não se pode substituir o desenvolvimento direcionado pelo *Lean Production*, principalmente com relação às competências dos funcionários e o papel da liderança, a filosofia da melhoria contínua por meio da resolução sistemática de problemas.

Abordada pelos autores D’Orazio, Schiraldi e Vicenzi (2020), há quatro áreas em que a metodologia Lean se beneficia com a aplicação da indústria 4.0: melhora na produção; dados em tempo real; digitalização; e o produto no ambiente Lean e seu controle.

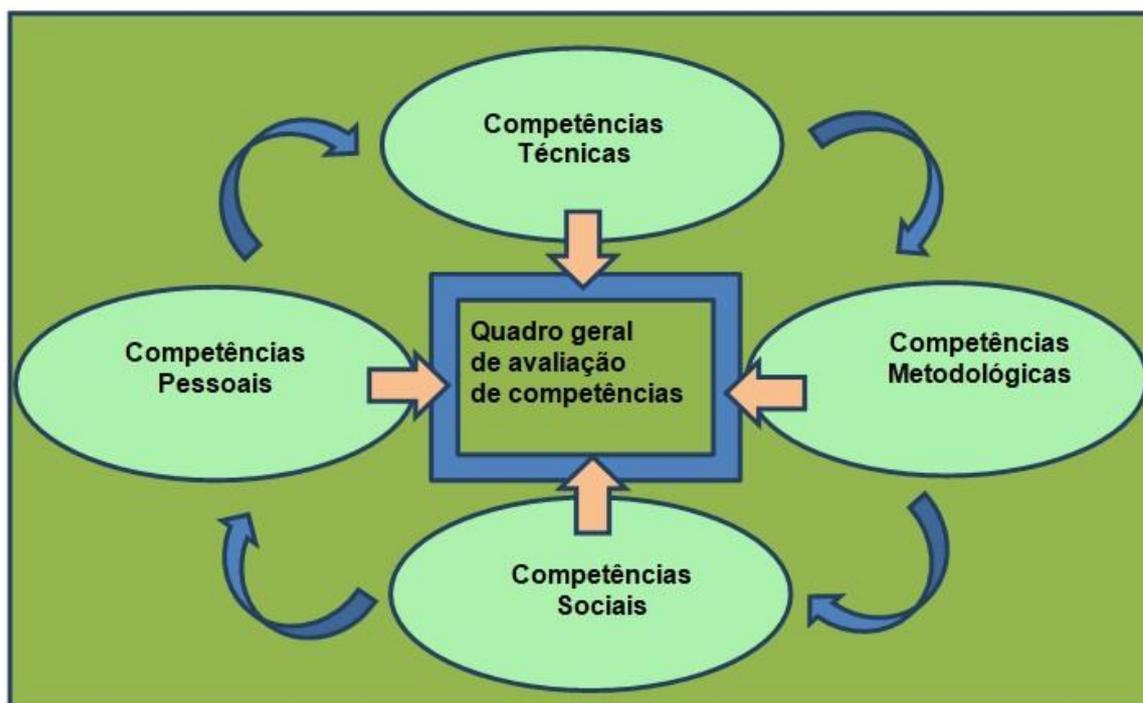
Melhora na Produção: Redução de tempos de processos, custos e melhoria da Qualidade, flexibilidade e individualidade são cada vez mais importantes.

Dados em tempo real: uma das vantagens da Indústria 4.0, poderá efetuar as devidas correções de processo, em velocidade rápida, reduzindo assim, a necessidade da análise e resolução de problemas.

A Digitalização apoia para estabelecer o *Lean Production* em novas áreas do negócio: processos de produtos individualizados, difíceis de efetuar a padronização, haverá a soma de atividades, facilitando assim, os processos de fabricação.

O produto no ambiente Lean e seu controle: a identificação on-line do produto em fabricação, no momento da produção, a Indústria 4.0 permite esse rastreamento imediatamente na fabricação, assim como todo fluxo.

Figura 5 – Divisão de competências



Fonte: Hecklau et al. (2016)

Vide Figura 5, de acordo com Hecklau et al. (2016), as competências podem ser classificadas em:

- Competência profissional: conhecimentos específicos das tarefas;
- Habilidades profissionais: habilidade em determinada área específica;
- Competência metodológica: estudo e resolução de problemas;
- Competência social: capacidade de interação social;
- Auto competência: capacidade de autoavaliação de desenvolver sua própria personalidade.

Neste momento de digitalização, é importante agregar ao conceito de treinamento, as fábricas de aprendizagem como ambiente certo para desenvolver as competências. As fábricas de aprendizagem são verdadeiramente as escolas internas às fábricas, de forma estruturada com salas equipadas e instrutores, posicionadas no espaço fabril, contando com profissionais com elevada experiência nos processos e equipamentos da fábrica. Teve-se oportunidade de vivenciar este cenário de fábrica de aprendizagem em fábricas no Japão, França e Turquia.

A necessidade de habilidades completamente novas em todos os níveis – de operadores a engenheiros – consistirá cada vez mais em supervisionar máquinas inteligentes que auxiliam na execução das tarefas (MOLDOVAN, 2019).

Para Prifti et al. (2017), a 4ª Revolução Industrial (I 4.0) será amplamente utilizada no contexto internacional, direcionada ao aumento da eficiência de recursos e energia, produção e mudança demográfica. Em essência, a I 4.0 envolverá a integração técnica dos sistemas ciberfísicos na fabricação e no uso da Internet das Coisas (IoT) em processos industriais.

Incluirá conceitos como fabricação inteligente, alto grau de automação e integração em todos os processos corporativos. Como consequência, os colaboradores serão confrontados com novas tecnologias e a I 4.0 afetará a forma como se trabalhará nas fábricas, seja na esfera técnica, organizacional ou social. As atividades repetitivas serão substituídas pela automação, tornando-se um benefício ao trabalhador que atua nesta etapa, pois ele deixará de executar uma atividade repetitiva/desgastante para executar uma atividade mais “pensante”, ou seja, de maior tecnologia.

Um desafio para a área de Recursos Humanos é se adaptar a uma etapa na qual a digitalização será uma realidade na rotina da produção. Agora é o momento de as instituições de ensino transformarem suas organizações para serem mais digitais, estando prontas para as mudanças das futuras gerações de profissionais para este novo modelo 4.0. As principais barreiras são a falta de habilidade das lideranças da organização e a falta de mão de obra qualificada (MUKTIARNI et al., 2019).

Um formato pedagógico amplamente utilizado deste tema é a aplicação de dois grupos: um específico para itens mais racionais, analíticos e conceituais, denominado **Hard**; e outro relacionado a itens comportamentais, chamado de **Soft**, refletindo nas atitudes que agregam na execução em equipe, no ambiente de crescimento profissional e que garanta a interação dos conhecimentos (MUKTIARNI et al., 2019).

Segundo Muktiarni et al. (2019), os grupos podem ser interpretados no desdobramento **Soft** como desenvolvimento de habilidades da ação direta nas relações humanas, tais como: participação na resolução de problemas, motivação, busca por melhorias, intervenções rápidas e eficazes. Já no item **Hard**, desenvolvimento de habilidade para lidar com máquinas que podem prever falhas, que são autogerenciadas ou autorreguladas. A somatória traduz em aprendizado flexível, tecnologia da informação e comunicação, especialmente na educação, saindo da tradicional para a digital.

Apesar de Flores et al. (2020) abordarem cinco competências, este trabalho adotará apenas as competências soft e hard, dado serem consideradas as mais

relevantes para projetos de implementação, alinhando-se à Muktiarni et al. (2019), conforme o Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 – Competências **individuais** para projetos de implementação da Indústria 4.0



Fonte: Autor (2020)

3 METODOLOGIA

Metodologia, fonte de conhecimento científico que promove a utilização de métodos para efetuar a tradução de dados em informações para tomada de decisões (SCHOLTES, 1992). O termo metodologia significa estudo do método, sendo que a metodologia científica se ocupa do estudo analítico e crítico dos métodos de investigação (SEVERINO, 2013).

Abordando o caminho da investigação, tem-se o processo de pesquisa, que se traduz na atividade básica da ciência, e por meio dela são obtidas as descobertas (GIL, 2008). Nesse contexto, avalia-se o processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico que visa à produção de conhecimento novo.

A pesquisa científica avançada tem por finalidade gerar soluções aos problemas da humanidade, envolvendo todos os sistemas que fazem parte significativa, seja no produto ou em uma inovação (SEVERINO, 2013).

Segundo Gil (2008), quanto ao objetivo, a pesquisa exploratória tem a finalidade de ampliar o conhecimento a respeito de um determinado fenômeno, para ser melhor entendido. Um caminho simples, segundo o autor, é explorar a realidade buscando maior conhecimento numa visão ampla e, assim, obter consistência nas avaliações.

A pesquisa bibliográfica utiliza somente fontes bibliográficas, permite a análise específica de artigos consolidados, inclusive com dados históricos, interpretando a evolução dos estudos já realizados (GIL, 2008).

Na pesquisa experimental, a atuação do pesquisador é fundamental para a condução, análise, avaliação, interpretação dos resultados e conclusão decisória, garantindo assim, consistência à pesquisa. Com a base bibliográfica, o conteúdo torna-se efetivo e eleva a garantia do sucesso da pesquisa efetuada (GIL, 2008; MARTINS; THEÓPHILO, 2009).

Um desdobramento da pesquisa experimental é a pesquisa de levantamento, utilizada quando o pesquisador quer estabelecer uma análise mais apropriada de fatos, com base na opinião e/ou comportamento dos entrevistados (MARTINS; THEÓPHILO, 2009). Costuma-se denominar levantamento (*survey*) ou levantamento por amostragem (*sample survey*), conforme a quantidade da amostragem (MARTINS; THEÓPHILO, 2009).

Este trabalho foi desenvolvido reunindo a pesquisa bibliográfica com a pesquisa de levantamento, com a participação de profissionais com efetiva atuação nesses temas, pois estão inseridos em projetos de implementação da Indústria 4.0.

Utilizou-se o método Delphi, considerado um processo sistemático para estruturação do grupo, a fim de desenvolver um quadro que inclui opiniões convergentes e divergentes dos participantes sobre um problema complexo através de várias rodadas de questionário e feedback entre eles (LABAKA; HERNANTES; SARRIEGI, 2016).

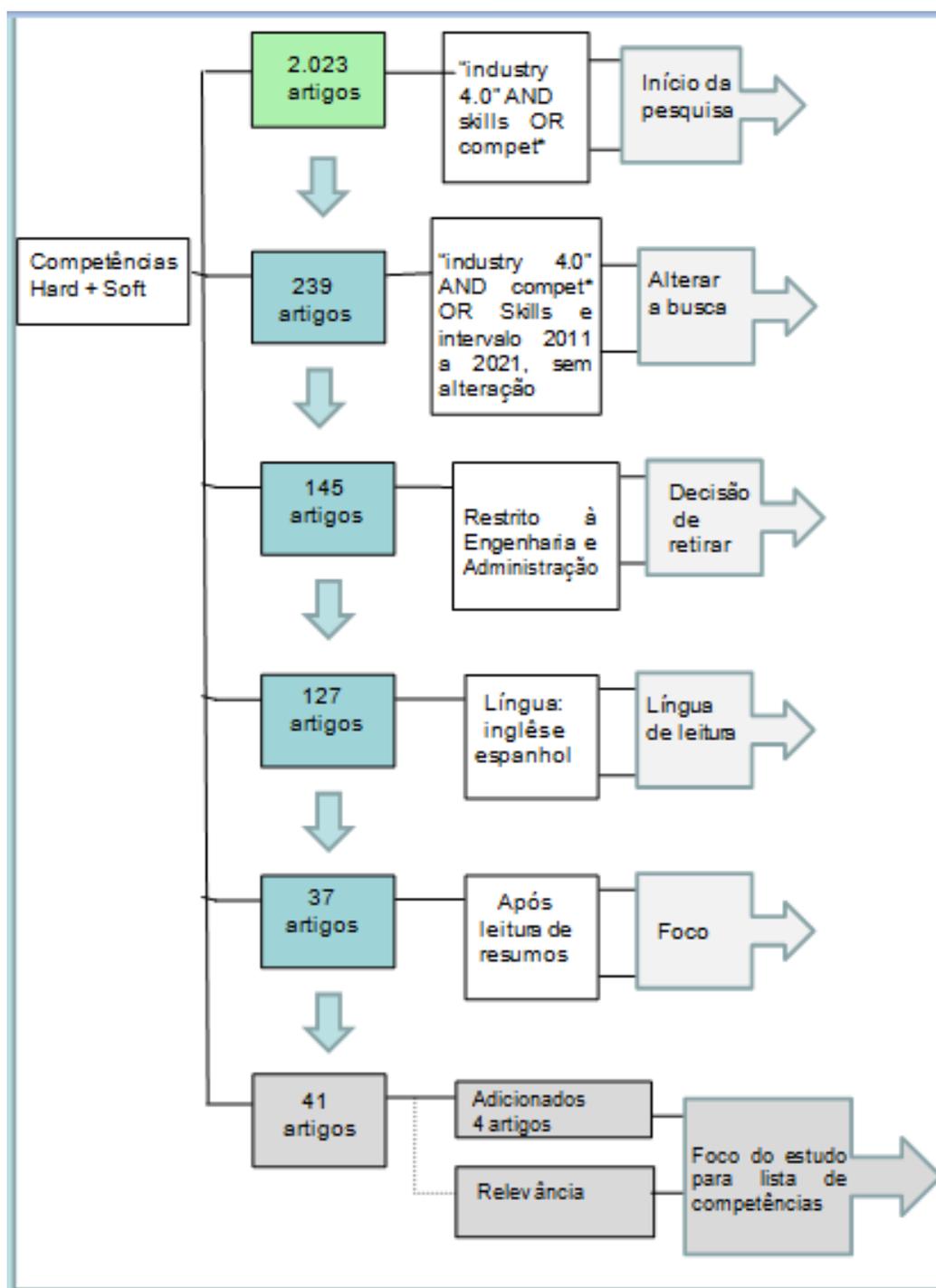
O método Delphi é um procedimento qualitativo para a criação de previsões por meio de uma discussão em grupo de especialistas, baseado em rodadas, em que cada membro do grupo que participa anonimamente recebe feedback sobre sua ponderação por meio de avaliações de outros especialistas no grupo de discussão (WAGNER; VOGT; KABST, 2016). O número de rodadas recomendadas é entre duas e três (GALLEGO; LUNA; BUENO, 2008).

Segundo Gil (2008), o pesquisador nesta linha de pesquisa atua muito próximo ao sistema em avaliação e nos grupos, provendo assim, interação e sintonia, traduzindo em resultados de pesquisa com alto grau de confiabilidade. Severino (2013) posiciona a ação da entrevista como uma técnica de obtenção de várias informações significantes, traduzindo ao pesquisador um conjunto seletivo e eficaz de informações ou até orientação para possíveis decisões.

Neste estudo foi adotada a avaliação por uma equipe de profissionais específicos, da área educacional, centrados na formação de alunos já atuantes no setor industrial. São profissionais experientes em projetos de implementação da Indústria 4.0 e que trabalham com um público de alunos na universidade, na região metropolitana de São Paulo, reforçando o aspecto deste trabalho ter sido desenvolvido em grande parte durante a pandemia do novo coronavírus, limitando pelo distanciamento social, efetuando de maneira remota.

Abaixo, visualiza-se a etapa de revisão teórica, também chamada de revisão da literatura, que objetiva apresentar os estudos e diferentes correntes teóricas já desenvolvidas pelos estudiosos do tema. Segundo Scholtes (1992), é prático aplicar o diagrama de árvore como ferramenta de desdobramento de estudo, por possuir ampla visualização e interação.

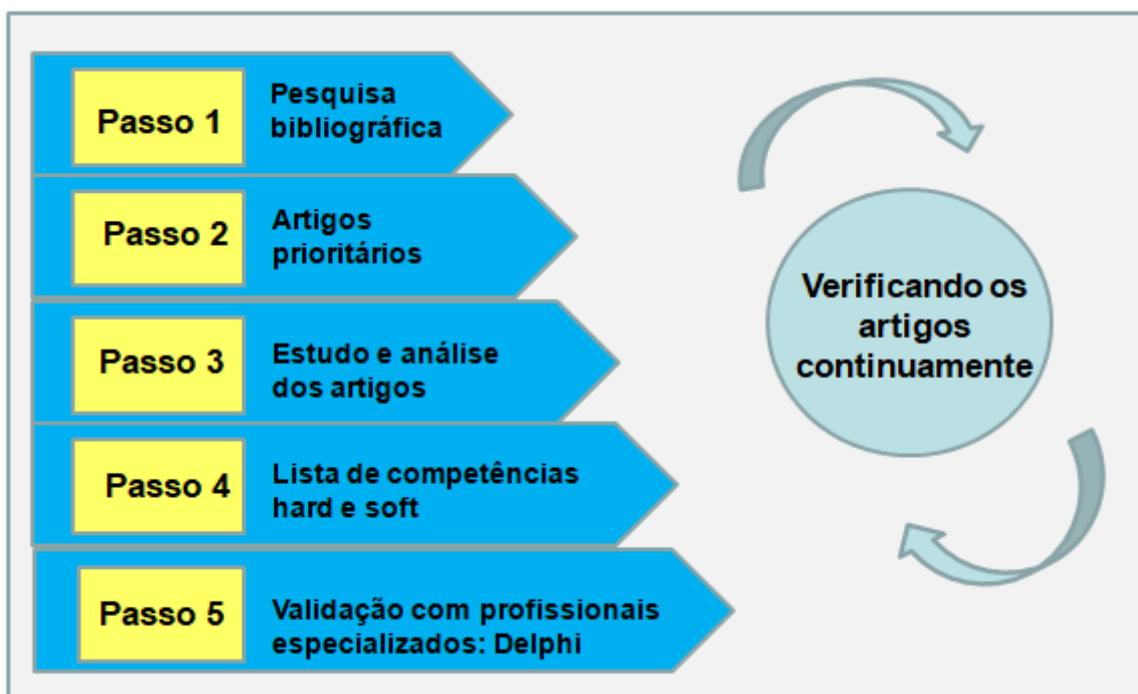
Figura 6 – Visão ampla da revisão da literatura e caminho percorrido



Fonte: Autor (2020)

Na sequência, a Figura 7 resume os passos para desenvolvimento deste trabalho, assim como a visão de serem continuamente verificados os artigos determinados como prioritários e que foram utilizados para a formatação das competências hard e soft.

Figura 7 – Sequência lógica adotada



Fonte: Autor (2020)

3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA A REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Este trabalho utilizou como metodologia a revisão sistemática da literatura, mesclando análise bibliométrica e análise de conteúdo (ALCANTARA; MARTENS, 2019). Para a revisão sistemática, a base de dados Scopus foi escolhida, pois apresenta um amplo alcance de artigos importantes no contexto de pesquisa mundial. Para encontrar a amostra de artigos utilizou-se como strings de pesquisa a seguinte composição de palavras-chaves:

1) TITLE-ABS-KEY ("industry 4.0") AND (TITLE-ABS-KEY (skills) OR TITLE-ABS-KEY (compet*)), retornando 2.023 documentos. Para refinar a busca, voltou-se à base de dados alterando a string de busca conforme segue:

2) TITLE-ABS-KEY (industry 4.0) AND (TITLE-ABS-KEY (compet*) OR TITLE-ABS-KEY (skills)), retornando **239** documentos.

Para novo refinamento, foram utilizados os seguintes critérios de seleção:

a) Intervalo de tempo: 2011 a 2021: os artigos já estavam no intervalo de tempo de 2015 a 2021, portanto nada foi excluído.

b) Assunto: restringiu-se a Engenharia e Administração: atingindo-se 145 documentos.

c) Tipos de documentos: restrito a artigos científicos e artigos de congressos: resultando em 128 documentos.

d) Idioma: inglês e espanhol somente, resultando em 127 artigos.

e) Após a leitura dos títulos e resumos, foram selecionados 37 artigos que foram integralmente lidos.

f) Com a leitura destes artigos, identificou-se algumas referências relevantes apresentadas em mais de um artigo, em um total de 4 artigos, que mesmo sendo antes de 2011, quando a Indústria 4.0 foi lançada, achou-se por bem incorporá-los devido à sua relevância.

Apesar da palavra de busca *compet** trazer artigos relacionados a: *competitiveness*, *competition*, e *competitive*, além de *competence* e *competency*, como os resumos e títulos mesmos foram lidos na sua íntegra, os relacionados à competitividade, que não possuíam alinhamento com competências, foram excluídos naturalmente.

Foi utilizado o intervalo de tempo entre 2009 a 2021 e somente artigos na língua inglesa. Não foram definidas áreas específicas, porém foram procurados artigos publicados e *in press*, reviews e artigos em anais de conferências, bem como a busca foi realizada no título, palavras-chaves e resumos. Essa busca resultou em **239** documentos.

Na sequência, os artigos foram avaliados com a leitura de seus devidos resumos e retirados os artigos que não estavam alinhados à temática de competências em projetos no contexto de Indústria 4.0. Nesta etapa, foram retirados 198 artigos, focou-se a partir destes, nos 41 artigos complementares, tornando-se prioritários, pois abordavam especialmente modelos que evidenciassem uma luz a essas novas competências necessárias para os negócios, atualmente mais digitalizados.

Para a análise de redes foi utilizada a ferramenta VOSviewer, desenvolvida por Van Eck e Waltman (2010). Essa ferramenta permite a realização de mapas bibliométricos, além de ser amplamente utilizada pelo seu fácil entendimento e relacionamento com o usuário. Para análise dos clusters (grupos) de palavras-chaves foram considerados os artigos que possuem ao menos uma citação. A análise de

conteúdo foi utilizada para entender os estudos que apresentaram conceitos e modelos investigando competências em projetos na nova era de digitalização.

3.2 Análise da revisão sistemática da literatura

O gráfico a seguir mostra a evolução da publicação dos artigos da amostra entre os anos de 2009 e 2020.



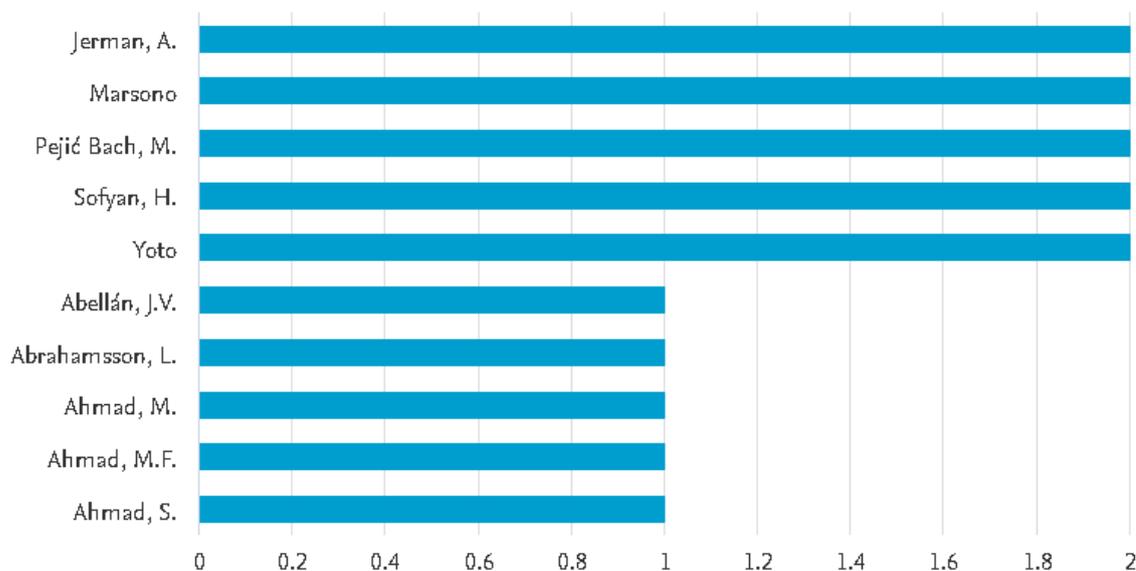
Fonte: Autor (2020)

No que tange à evolução dos artigos selecionados para a amostra desta pesquisa, o gráfico acima mostra que o tema de competências em Indústria 4.0 está em evidência, uma vez que 77 artigos foram publicados, sendo 43 em 2019 e 34 em 2020. Essas publicações representam 82,8% da amostra total de artigos.

É possível perceber que entre os anos de 2010 a 2014 não houve qualquer publicação a respeito. Em 2015 o tema voltou a aparecer e até 2018 houve um aumento gradual. Em 2019, as publicações aumentaram em cerca de cinco vezes em relação a 2018. Já o aumento de 2019 para 2020 foi de aproximadamente 26%.

A seguir, têm-se os autores que mais publicaram na amostra no intervalo de tempo abrangido no gráfico anterior.

Gráfico 2 – Autores que mais publicaram na amostra



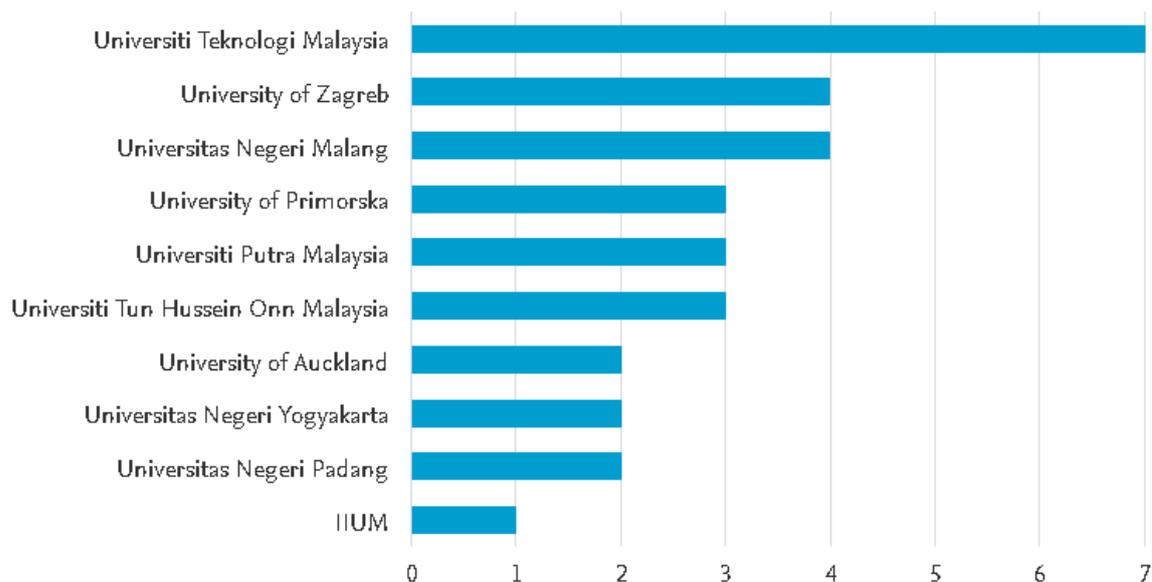
Fonte: Autor (2020)

Quatro autores se destacam, entretanto com apenas duas publicações cada um. São eles: Jerman, A.; Marsono; Pejić Bach, M.; Sofyan, H. e Yoto.

A seguir, cinco autores fizeram uma publicação cada um entre 2009 e 2020: Abellán, J. V.; Abrahamsson, L.; Ahmad, M.; Ahmad, M. F. e Ahmad, S.

O gráfico a seguir apresenta dados sobre as Universidades que mais tiveram participação nos artigos da amostra.

Gráfico 3 – Universidades com mais autores da amostra



Fonte: Autor (2020)

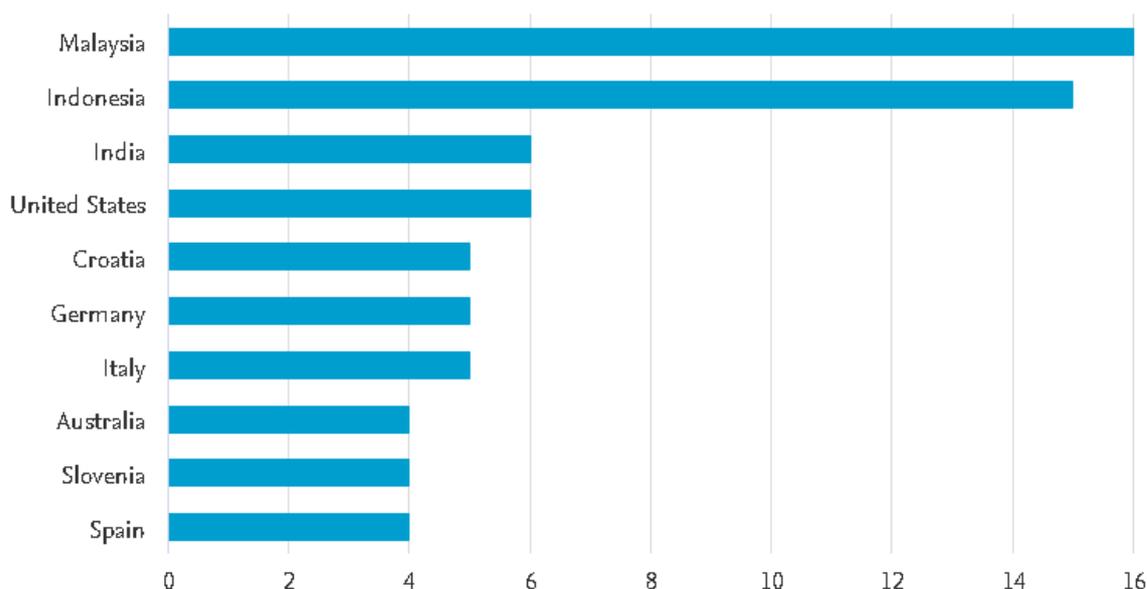
Nota-se que a Universiti Teknologi Malaysia (Malásia) é a universidade que mais possui artigos, com sete publicações, seguida da University of Zagreb (Croácia) e da Universitas Negeri Malang (Indonésia), com quatro publicações cada uma.

A University of Primorska (Eslovênia), a Universiti Putra Malaysia (Malásia) e a Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (Malásia) contribuíram com três publicações cada uma.

Já a University of Auckland (Nova Zelândia), a Universitas Negeri Yogyakarta (Indonésia) e a Universitas Negeri Padang (Indonésia) publicaram dois artigos cada uma, e a IIUM (Malásia) publicou um artigo.

O próximo gráfico mostra quais são os países de origem das pesquisas encontradas na amostra.

Gráfico 4 – Países de origem das pesquisas



Fonte:Autor (2020)

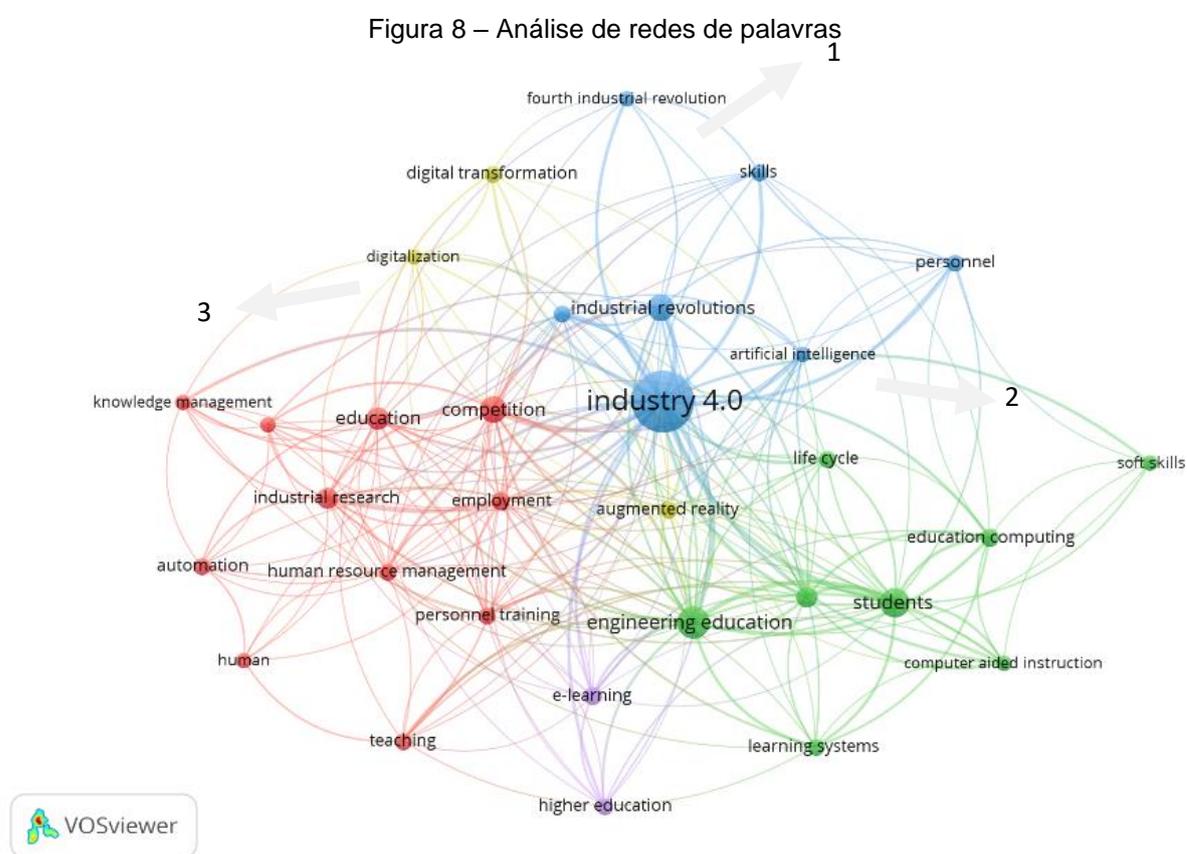
Percebe-se que a Malásia é o país com mais pesquisas publicadas, possuindo 16 artigos. Dentre eles, 13 foram publicados por apenas 3 universidades: Universiti Teknologi Malaysia, Universiti Putra Malaysia e Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, conforme mostrado no gráfico anterior.

O segundo país que mais publicou artigos com o tema de competências em Indústria 4.0 foi a Indonésia, com 15 publicações, sendo 8 delas de apenas três instituições: Universitas Negeri Malang, Universitas Negeri Yogyakarta e Universitas Negeri Padang, conforme o gráfico 3.

Os demais países da amostra publicaram muito menos: Índia e Estados Unidos publicaram 6 artigos cada um; Croácia, Alemanha e Itália publicaram 5 artigos cada um e Austrália, Eslovênia e Espanha tiveram 4 publicações cada um.

3.3 Análise de redes

Utilizando o software VOSviewer, desenvolvido por Van Eck e Waltman (2010), com base na análise de redes das palavras apresentadas na Figura 8, foram evidenciados três clusters.



Fonte: Extraído do VOSviewer (2020)

O cluster 1 é composto por palavras onde se pode relacionar diretamente o estudo de competências para atuação na prática de aplicações tecnológicas no contexto da Indústria 4.0.

O cluster 2 mostra um grupo de palavras relacionando autores que tratam de formação de habilidades no ensino e aprendizagem de tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 no contexto da engenharia.

Por fim, o cluster 3 remete a um grupo de palavras que direcionam um conjunto de autores que tratam do gerenciamento de recursos humanos e devidos skills (habilidades) e conhecimentos para o desenvolvimento e aplicação de tecnologias digitais no contexto da quarta revolução industrial. O estudo desenvolvido se ateve aos clusters 1 e 2.

3.4 Competências Hard e Soft

Na sequência, é apresentado um conjunto de competências Hard e Soft dos principais autores pesquisados, desdobrado nas características técnicas (Hard) e nos atributos comportamentais (Soft) para formatação de uma matriz de necessidades de formação para projetos de implementação da Indústria 4.0.

-
- 1 – Promover um ambiente de aprendizado
 - 2 – Comunicação geral
 - 3 – Ser Inovativo
 - 4 – Ter Conduta e Ética
 - 5 – Ter Cooperação integral
 - 6 – Ter maturidade pessoal e profissional
 - 7 – Ter Comprometimento
 - 8 – Saber trabalhar em equipe
 - 9 – Liderar equipes multidisciplinares
 - 10 – Conhecimento básico em TI para trabalho
 - 11 – Conhecimento em negócios
 - 12 – Conhecimento em Automação/Robô
 - 13 – Conhecimento em Confiabilidade
 - 14 – Conhecimento do processo
 - 15 – Competência analítica
 - 16 – Conhecimento em Hardware/Rede
 - 17 – Saber Gerenciamento de riscos de TI
 - 18 – Motivar para Aprendizagem e Formação contínua
 - 19 – Conhecimento em Matemática e Ciência
 - 20 – Solucionar problemas
 - 21 – Conhecimento em Gerenciamento de Projetos
 - 22 – Saber transferir conhecimentos
 - 23 – Aplicar os conceitos de organização no layout
- Competências Soft
- Competências Hard

24 – Conhecer ferramentas de melhoria contínua

25 – Conhecer conceitos Lean

A partir desse conjunto de competências, foi elaborado o quadro a seguir (Quadro 4), no qual vê-se cada competência abordada por cada um dos autores. As competências seguem a numeração da listagem acima.

Quadro 4 – Competências Hard e Soft conforme autores para formatação de uma matriz de necessidades de formação para projetos de implementação da Indústria 4.0

(continuação)

AUTORES	COMPETÊNCIAS																									TOTAL	
	SOFT									HARD																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Grube, Malik, Bilberg (2019)																											19
Synnes, e Welo (2016)																											19
Glass et al. (2018)																											19
Nitu e Gavriluta (2019)																											18
Vila et al. (2017)																											18
Moldovan (2019)																											18
Talib et al. (2019)																											17
Verma, Bansal, Verma (2020)																											17
Azmi et al. (2019)																											17
Muduli et al. (2020)																											17
Murktiarni et al. (2019)																											17
DEST et al. (2002)																											16
Quint, Sebastian, Gorecky (2015)																											16
Singh e Singh (2008)																											13
Radermacher e Walia (2013)																											12
SFIA (2015)																											12
Md Saad et al. (2013)																											10
Finch et al. (2013)																											8
Tippins e Sohi (2003)																											5
Barrie (2004)																											3

Fonte: Autor (2020)

O Quadro 4 apresenta nove competências soft, que são atributos comportamentais: promover um ambiente de aprendizado; comunicação geral; ser inovativo; ter conduta e ética; ter cooperação integral; ter maturidade pessoal e profissional; ter comprometimento; saber trabalhar em equipe; e liderar equipes multidisciplinares.

Promover um ambiente de aprendizado diz respeito à motivação em aprender e a promover um ambiente de aprendizado mais envolvente, participativo e interativo. Comunicação geral está relacionada a transmitir mensagens com clareza e objetividade, assim como saber ouvir as pessoas com empatia.

Ser inovativo refere-se a inovar algum processo ou serviço, a apresentar soluções diferentes para problemas antigos, de maneira diferente do padrão. Inovação diz respeito a executar ideias que gerem valor às pessoas.

Ter conduta e ética significa ter comprometimento com as regras da empresa, respeito e moralidade no ambiente de trabalho. Ter cooperação integral está relacionado a trabalhar de modo efetivo com aqueles que estão ao redor, ser colaborativo, cooperar com a equipe e na rotina de trabalho, contribuir de maneira individual para alcançar os interesses coletivos.

Ter maturidade pessoal e profissional significa estar maduro e apto a enfrentar os desafios da vida, assim como possuir autocrítica e aprender com os erros. Ter comprometimento diz respeito a comprometer-se com trabalhos, prazos e resultados e a fazer o trabalho com dedicação.

Saber trabalhar em equipe significa ter capacidade de trabalhar com outros departamentos, ajudar seus colegas e compreender que se trabalha com pessoas que possuem personalidades diferentes, modos de pensar, de agir e de trabalhar distintos, por exemplo. Também engloba outras competências, como: saber se comunicar, possuir capacidade de negociar, saber dar e receber *feedback*.

Liderar equipes multidisciplinares diz respeito a conduzir pessoas, engajar e motivar as equipes em prol de uma causa. Inclui a capacidade de delegar tarefas, resolver problemas e conflitos, saber se comunicar e ser flexível. Um líder precisa possuir as competências soft e hard necessárias para uma gestão completa – técnica e comportamental – das equipes.

As quatro competências soft elencadas por mais autores são: saber trabalhar em equipe (34 dos 41 autores pesquisados); liderar equipes multidisciplinares (33

autores); comunicação geral, ser inovativo e ter conduta e ética (32 autores cada uma).

Ter comprometimento é uma competência elencada por 31 autores; ter maturidade pessoal e profissional, por 29 dos 41 autores; promover um ambiente de aprendizado, por 27 deles e ter cooperação integral é elencada por 23 dos autores pesquisados.

São dezesseis as competências hard – características técnicas – elencadas no quadro: conhecimento básico em TI para trabalho; conhecimento em negócios; conhecimento em automação/robô; conhecimento em confiabilidade; conhecimento do processo; competência analítica; conhecimento em hardware/rede; saber gerenciamento de riscos de TI; motivar para aprendizagem e formação contínua; conhecimento em matemática e ciência; solucionar problemas; conhecimento em Gerenciamento de Projetos; saber transferir conhecimentos; aplicar os conceitos de organização no layout; conhecer ferramentas de melhoria contínua; e conhecer conceitos Lean.

Conhecimento básico em TI para trabalho diz respeito a conhecer o funcionamento geral de TI. Já o conhecimento em negócios significa conhecer o negócio da empresa. Por sua vez, conhecimento em automação/robô refere-se a possuir conhecimentos básicos a esse respeito.

Conhecimento em confiabilidade está relacionado a garantir a funcionalidade do sistema, do desempenho do suporte e manutenção. Conhecimento do processo significa conhecer o processo produtivo, as etapas de fabricação. Competência analítica refere-se a analisar dados, desenvolver modelos analíticos e orientar decisões de maneira certa a partir da análise de dados.

Conhecimento em hardware/rede está relacionado aos equipamentos utilizados na empresa. Saber gerenciamento de riscos de TI diz respeito aos processos que visam garantir o funcionamento dos equipamentos e sistemas de tecnologia da informação da empresa. A gestão de riscos de TI visa oferecer segurança e proteção, diminuindo ameaças e vulnerabilidades aos ativos de TI da empresa.

Conhecimento em Gerenciamento de Projetos refere-se ao planejamento, execução, monitoramento e finalização de projetos. Saber transferir conhecimentos significa compartilhar processos e conhecimentos de forma a agregar valor. Relaciona-se ao instrutor interno da empresa.

Aplicar os conceitos de organização no layout diz respeito ao sistema 5S e suas etapas de organização do ambiente de trabalho: utilização, ordenação/arrumação, limpeza, padronização/normalização e disciplina. Aplicar ferramentas de melhoria contínua significa utilizar ferramentas básicas para o processo cíclico de melhoria contínua, visando o aprimoramento constante dos processos. Domínio dos conceitos Lean refere-se à metodologia e pensamento Lean, buscando a eliminação/redução de desperdícios da empresa.

Motivar para aprendizagem e formação contínua refere-se ao investimento na formação pessoal e profissional de forma permanente, desenvolvendo o potencial de forma a sempre aprender coisas novas, aprimorar habilidades e compartilhar conhecimentos.

Solucionar problemas engloba proatividade, iniciativa e resiliência para solucionar os problemas que surgirem. Ao se deparar com um desafio nunca antes enfrentado, será necessário primeiramente reconhecer o problema, analisá-lo de acordo com o contexto e, então, propor soluções capazes de resolver esse obstáculo.

A competência hard elencada por todos os autores pesquisados é o conhecimento básico em TI para trabalho. Dos 41 autores, 39 elencam conhecer ferramentas de melhoria contínua e conceitos Lean; 38 elencam aplicar os conceitos de organização no layout e 32 elencam conhecimento em hardware/rede e conhecimento em Gerenciamento de Projetos.

Solucionar problemas é elencado por 31 autores; conhecimento do processo e motivar para aprendizagem e formação contínua, por 28; conhecimento em confiabilidade é elencado por 27 autores.

Competência analítica e conhecimento em negócios são elencados por 26 dos 41 autores pesquisados; saber gerenciamento de riscos de TI, por 25; saber transferir conhecimentos, por 24; conhecimento em automação/robô é elencado por 23 autores; e conhecimento em matemática e ciência, por 20 dos 41 autores.

Formatar este conjunto de ações é o maior desafio para a efetiva implementação do modelo de manufatura 4.0. Sendo assim, merece estudo e estruturação pelas organizações, contendo diversos temas nos aspectos Hard e Soft.

O engajamento dos colaboradores neste processo de formação para o modelo 4.0 é evidente, pois se sentem participando de uma grande mudança na organização, evoluindo em sua atividade profissional e pessoal.

3.4 DESDOBRAMENTO DA MATRIZ DE COMPETÊNCIAS E RESPECTIVOS AUTORES

Analisando o Quadro 4 contendo autores versus competências necessárias para implementar os projetos para a Indústria 4.0, verifica-se as seguintes informações em destaque:

Quadro 5 – Competências listadas e autores de destaque

Nº	Competências SOFT	Autor destaque	Descrição do artigo
1	Promover um ambiente de aprendizado	Siddo et al. (2019)	Faz-se necessário que as pessoas sintam efetivamente num sistema de evolução e aprendizagem contínua.
2	Comunicação geral	Assante et al. (2019)	Comunicar utilizando todos os meios e caminhos aplicados atualmente, simples e tecnológicos.
3	Ser Inovativo	Prifiti et al. (2017)	Repensar à sua frente, ao redor, questionar sempre é o melhor exercício. Inovar é agir para o novo cenário.
4	Ter conduta e ética	Jerman et al. (2020)	Atitude aplicada pelas pessoas que transmitem conhecimentos às equipes com credibilidade e transparência.
5	Ter cooperação integral	Cazzola et al. (2019)	Empatia nas ações internas, garantir o clima de cooperação efetiva.
6	Ter maturidade pessoal e profissional	Ismail e Hassan (2019)	Equipes com atitudes de total responsabilidade, credibilidade e que sejam verdadeiramente admirados pelos parceiros de projetos.
7	Ter comprometimento	Moldovan (2019)	Dedicação máxima, visão do todo e colocando em prática, o melhor de cada integrante.
8	Saber trabalhar em equipe	Barrie (2004)	Compartilhar efetivamente os objetivos e se dispor a conquistar os melhores resultados para os projetos.
9	Liderar equipes multifuncionais	Azmi et al. (2019)	Somar, integrar, focar nos talentos individuais e visão do contexto.

Nº	Competências HARD	Autor destaque	Descrição do artigo
1	Conhecimento em Hardware/rede	Bal e Erkan (2019)	Manutenção e conservação do sistema físico, assim com a funcionalidade do conjunto que promoverá a “vida” ao novo modo de operação inteligente.
2	Conhecimento básico em TI	Enke et al. (2019)	Conjunto de dados deverá fazer parte continuamente da operação deste sistema, dessa forma, a interpretação será fundamental para o êxito das decisões.
3	Conhecimento em negócios	Dutta et al. (2019)	Ter a visão global da empresa, etapas, fluxo dos processos, cadeia de fabricação e uso efetivo, são fundamentais.
4	Conhecimento em automação	Turkes et al. (2019)	Foco nas atividades “inteligentes” e a eliminação contínua das que não agregam valor, que não há necessidade de decisão, somente repetição.
5	Conhecimento em confiabilidade	Kaasinen et al. (2019)	Garantir o domínio que gera confiabilidade, ter verdadeiramente todas as variáveis sob controle.
6	Conhecimento do processo	Flores, Xu, Lu (2020)	Conhecimento em base sólida, teórica e prática de forma estruturada e planejada, garantindo ações corretas, com domínio dos equipamentos, processos e nos padrões estabelecidos.
7	Competência analítica	Liboni et al. (2019)	Análise de dados passa a ser matéria obrigatória, manusear dados para traduzir em informações efetivas aos processos.
8	Saber gerenciamento de risco de TI	Enke et al. (2019)	Os dados estarão sendo coletados, armazenados continuamente, servindo para muitas decisões de grande valia aos processos e o histórico de fabricação. Guarda com total segurança é função estratégica.
9	Motivar para aprendizagem	Glass et al. (2018)	Evoluir continuamente é a chave do êxito deste novo cenário, onde a quantidade de

			informações e avanços tecnológicos farão parte da competição.
10	Conhecimento em matemática e ciências	Singh e Singh (2008)	Com o raciocínio lógico cada vez mais acentuado, conhecer profundamente matemática e seus derivados é o caminho para alcançar os resultados esperados. A base científica, conhecer e interpretar os fenômenos será parte integrante das atividades diárias.
11	Solucionar problemas	Rademacher e Walia (2013)	Aplicar ferramentas de análise e solução de problemas, menos direcionado às pessoas e sim na causa raiz dos problemas.
12	Conhecimento em gerenciamento de projetos	Finch et al. (2013)	Conhecer as etapas, a influência de cada parte integrante e efetuar continuamente o “link”, garantido assim, a interação em tempo hábil.
13	Saber transferir conhecimentos	Tippins e Sohi (2003)	Atividade de Instrutor, fonte de conhecimentos e sabedoria prática, admirado e respeitado por todos. O verdadeiro “Mestre” interno, com total credibilidade.
14	Conhecer ferramentas de melhoria contínua	Nitu e Gravituta (2019)	Garantir que os temas metodológicos serão aplicados por pessoas com conhecimento efetivo, aprimorar antes de qualquer alteração ou investimento no sistema.
15	Aplicar os conceitos de organização no layout	Moldovan (2019)	Aplicar continuamente o “repensar” no fluxo, alterando quando necessário, assim como, o layout deverá ser um meio de otimização e ganhos.
16	Conhecer conceitos Lean	Turkes et al. (2019)	Promover a aplicação de melhorias que reduzem os desperdícios, paradas e falhas nos sistemas, físico e tecnológico.

Fonte: Autor (2020)

Dos autores pesquisados, Siddoo et al. (2019) e Prifti et al. (2017) elencam todas as 25 competências soft e hard que constam no quadro. Dessas, 24 são elencadas por Assante et al. (2019), Daling et al. (2018) e Bal e Erkan (2019).

ETA (2016), Liboni et al. (2019), Flores, Xu e Lu (2020) e Hecklau et al. (2016) elencam 23 das 25 competências abordadas, enquanto Gehrke et al. (2015) e Ismail e Hassan (2019) elencam 22 competências.

Além disso, 21 competências são abordadas por Menendez, Diaz e Menendez (2019), Türkes et al. (2019) e Dombrowski, Wullbrant e Fochler (2019), enquanto 20 das 25 competências são elencadas por Dutta et al. (2019), Cazzola et al. (2019), Enke et al. (2019) e D'Orazio, Schiraldi e Vincenzi (2019).

Tabela 1 – Quantidade e proporção de competências Hard e Soft

ITEM	HARD	SOFT	TOTAL
Quantidade de competências	16	9	25
Proporção baseado na pesquisa de autores	2/3 (64%)	1/3 (36%)	1 (100%)

Fonte: Autor (2020)

Conforme explicitado anteriormente, das 25 competências abordadas, 16 são classificadas como hard, por serem competências técnicas, e 9 são classificadas como soft, por serem competências comportamentais.

Sendo assim, as competências hard representam $\frac{2}{3}$ (dois terços) ou 64% e as competências soft representam $\frac{1}{3}$ (um terço) ou 36% do total.

Figura 9 – Integração entre competências



Fonte: Autor (2020)

A evolução necessária para Indústria 4.0 está na interação entre competências hard e soft, como observado na Figura 9 e na Tabela 1, promovida pelas capacitações listadas pela pesquisa bibliográfica. As competências soft muitas vezes são deixadas para segundo plano, abaixo do iceberg, e só é possível visualizar as competências técnicas. Os artigos utilizados neste estudo são unânimes em afirmar que apesar de se listar um número menor de competências soft, estas são as mais impactantes e serão as mais desafiadoras a serem implementadas.

Visualizando esta lista contendo 25 competências, nota-se a dificuldade de implementar simultaneamente todas essas competências. Dessa forma, faz-se necessário estratificar baseado na quantificação dos artigos versus competências e estabelecer um plano aplicável, assimilável e que agregue valor à formação dos colaboradores.

Efetuando o estudo de competências, é possível estruturar 3 grupos de temas, ou seja, 3 Fases de Evolução das pessoas inseridas nos projetos de implementação da Indústria 4.0. Um caminho interrelacionando competências hard e soft, numa escala inteligente de aplicação, criando-se um modelo de formação.

A aplicação da sistemática de pré-requisito visa a garantir didaticamente a aplicação de temas que já tiveram a devida preparação prévia. Construir um plano de desenvolvimento de colaboradores, absorvendo cada fase e respectivas competências é a proposta consistente que este modelo será aplicado. A somatória do direcionamento dos artigos promoveu a orientação para formatar o modelo de implementação – na sequência didática e construtiva – estruturando assim, o profissional para projetos de implementação da Indústria 4.0.

O direcionamento deste trabalho, utilizando as referências literárias presentes nos artigos qualificados como prioritários, necessita propor um plano de formação. O plano deverá ser estruturado com a visão prática, ou seja, aplicar conhecimentos para preparação em 25 competências. Neste sentido, um modelo deverá nortear a aplicação efetiva. Abaixo estão listadas as Fases de Evolução e as respectivas denominações didáticas. Colocando em uma estrutura didática, pode-se classificar cada fase da seguinte forma:

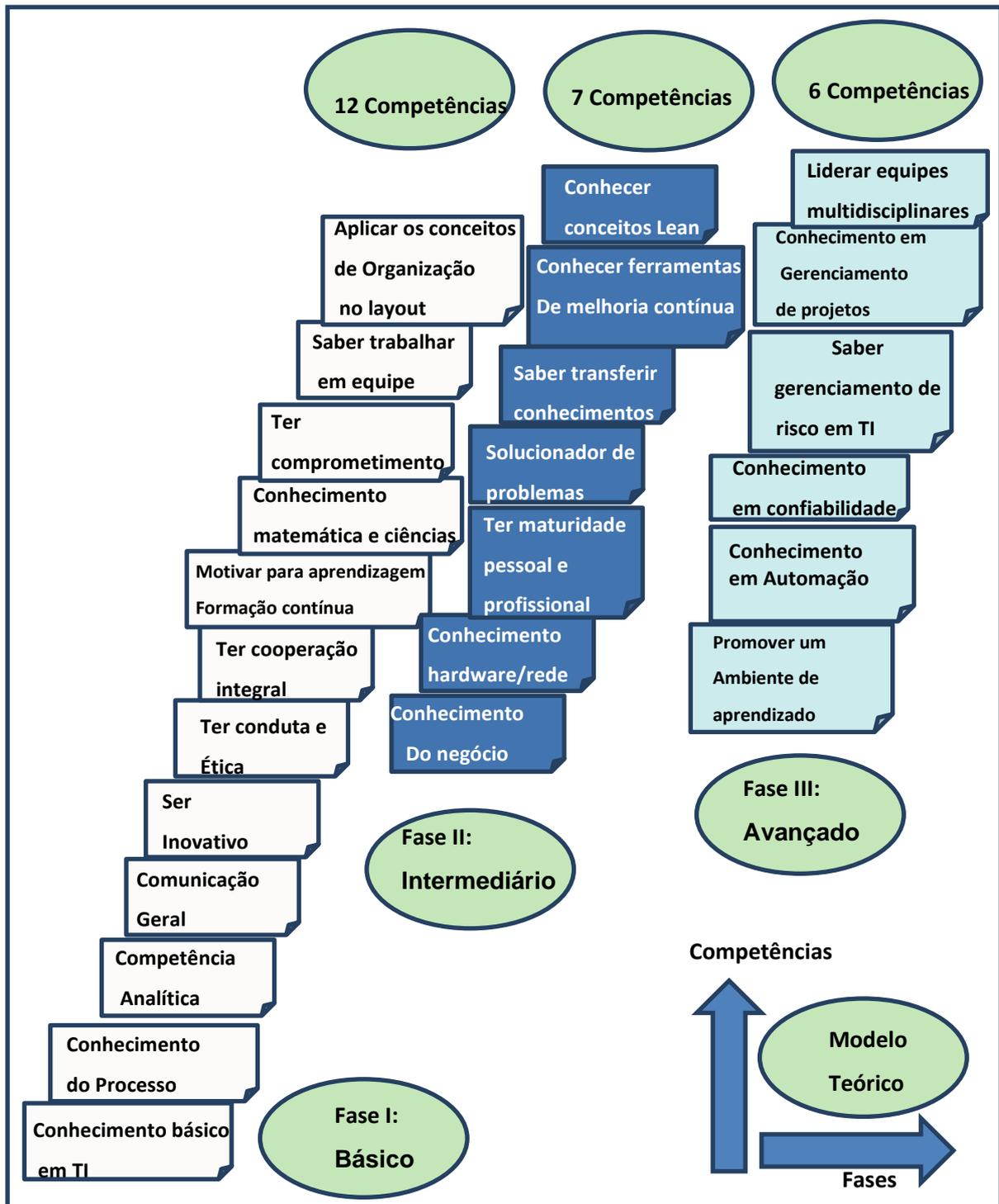
Quadro 6 – Classificação das Fases de Evolução

FASES	Denominação didática
FASE I	Básico
FASE II	Intermediário
FASE III	Avançado

Fonte: Autor (2020)

Na Figura 10, a seguir, observa-se a estrutura de formação completa, contendo as 25 competências, estratificadas nas 3 Fases, na sequência de contribuição de cada competência, posicionada numa escala de evolução interligada e consistente. A divisão em 3 fases é uma contribuição deste estudo, baseado na experiência do autor e consolidado nas citações destas competências pelos diversos autores.

Figura 10 – Competências listadas e respectivas Fases de Evolução



Fonte: Autor (2020)

Quadro 7 – Lista completa de Competências Hard e Soft para projetos de implementação da Indústria 4.0 e respectiva descrição

Nº	Competência	Descrição
1	Promover um ambiente de aprendizado	Aprender a aprender; motivação pelo conhecimento (**)
2	Conhecimento básico em TI	Ferramentas do Excel: planilhas e análise de dados (*)
3	Conhecimento do negócio	O negócio da empresa, características e funcionalidade (*)
4	Conhecimento em automação	Eliminar atividades repetitivas (*)
5	Conhecimento em Confiabilidade	Confiabilidade do processo e do equipamento (*)
6	Conhecimento do processo	Domínio do processo de fabricação (*)
7	Competência analítica	Análise de dados, causa raiz do problema (*)
8	Comunicação geral	Fluxo de informações no setor/linha/máquina (**)
9	Conhecimento em Hardware/Rede	Conservação dos equipamentos de informática (*)
10	Ser inovativo	Inovar: pensar, inovar, desafiar (**)
11	Ter Conduta e ética	Atitude ética, relacionamento exemplar (**)
12	Saber gerenciamento de risco de TI	Foco na guarda das informações e registros (*)
13	Ter cooperação integral	Interação entre todos os integrantes (**)
14	Motivar para aprendizagem e formação contínua	Motivação pelo desenvolvimento acadêmico (**)
15	Conhecimento em matemática e ciências	Raciocínio lógico e concatenado (*)
16	Ter maturidade pessoal e profissional	Nível de comportamento exemplar (**)
17	Ter comprometimento	Compromisso com o projeto, a equipe e a empresa (**)
18	Solucionar problemas	Busca pela fonte do problema, não pessoas (*)
19	Conhecimento em gerenciamento de projetos	Visão ampla para o objetivo comum (*)
20	Saber transferir conhecimentos	Ser o instrutor interno, referência de conhecimento (**)
21	Saber trabalhar em equipe	Habilidade de somar competências, ideias e esforços (**)
22	Liderar equipes multidisciplinares	Identificar talentos e colocá-los na função correta (**)
23	Conhecer ferramentas de melhoria contínua	Metodologia é o caminho mais rápido e correto para a solução (*)
24	Aplicar os conceitos de organização no layout	Layout otimizado, facilidade para inspeção e operação (*)
25	Conhecer conceitos Lean	Tornar o processo simples, controlado e sem desperdícios, paradas e falhas (*)

Fonte: Autor (2020), adaptado de 41 artigos selecionados - (*) hard (**) soft, cujos autores são nominados no Quadro 4.

As 3 Fases do modelo teórico apresentado orientam a formação –em base sólida – para a evolução das competências hard e soft, direcionadas a estabelecer a preparação para projetos de implementação da Indústria 4.0.

As competências da Fase I abordam temas de formação de competências consideradas básicas porque contêm os conceitos de funcionalidade dos processos, análise e interpretação de dados e interação entre as pessoas, um conjunto que objetiva garantir domínio.

Aplicar as 3 Fases é compreender tecnicamente as reais necessidades de treinamento. Dessa forma, faz-se necessário planejar os temas que deverão ser agregados, tornando possível a execução simultânea dos 25 temas – técnicos e comportamentais.

O modelo está estruturado em um formato baseado nos artigos relevantes que, pela análise, proporcionou estabelecer de maneira lógica um caminho que conduzirá a resultados efetivos os projetos de indústria 4.0.

É necessário validar na prática, no ecossistema produtivo, ou seja, aplicar a sequência de Fases em processos de produção e verificar o impacto gerado nos respectivos indicadores, caminho que valida esse modelo teórico.

A análise crítica efetuada por profissionais competentes e experientes transmite maior grau de confiabilidade no modelo, pois são verdadeiros especialistas em projetos de implementação da Indústria 4.0, adicionando ao processo de validação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 AVALIAÇÃO POR PROFISSIONAIS ESPECIALISTAS

Aplicando a sistemática do método Delphi, iniciou-se a preparação de um formulário com a lista das 25 competências hard e soft listadas neste trabalho. Incluiu-se também uma breve descrição de abrangência de cada uma dessas competências, para melhor interpretação dos respondentes do formulário.

A estratégia de implementação das 3 FASES – item inovador deste trabalho, afinal este determina o modelo de implementação, a sequência lógica – também fez parte do fórum de avaliação do grupo de especialistas.

O método estruturado foi encaminhado para profissionais da área da educação com ampla experiência prática e com relevante base acadêmica para avaliar o modelo proposto.

O modelo apresentado compõe-se da lista de 25 competências apresentadas, e a estruturação, em 3 Fases que se somam e interagem para que os profissionais com atuação em projetos de implementação da Indústria 4.0 tenham as competências necessárias para executar as respectivas tarefas de operação com total domínio.

Os especialistas conheciam a teoria do método Delphi e já a praticaram anteriormente, em vários estudos. O material enviado a eles foi a Lista de 25 competências e o desdobramento nas 3 Fases sequenciais proposto no modelo teórico.

Todos os especialistas envolvidos na pesquisa e descritos a seguir atuam nas atividades acadêmicas, principalmente na pós-graduação de universidades na cidade de São Paulo.

Destaca-se a seguir um breve histórico profissional da equipe de 4 especialistas que contribuíram para este trabalho.

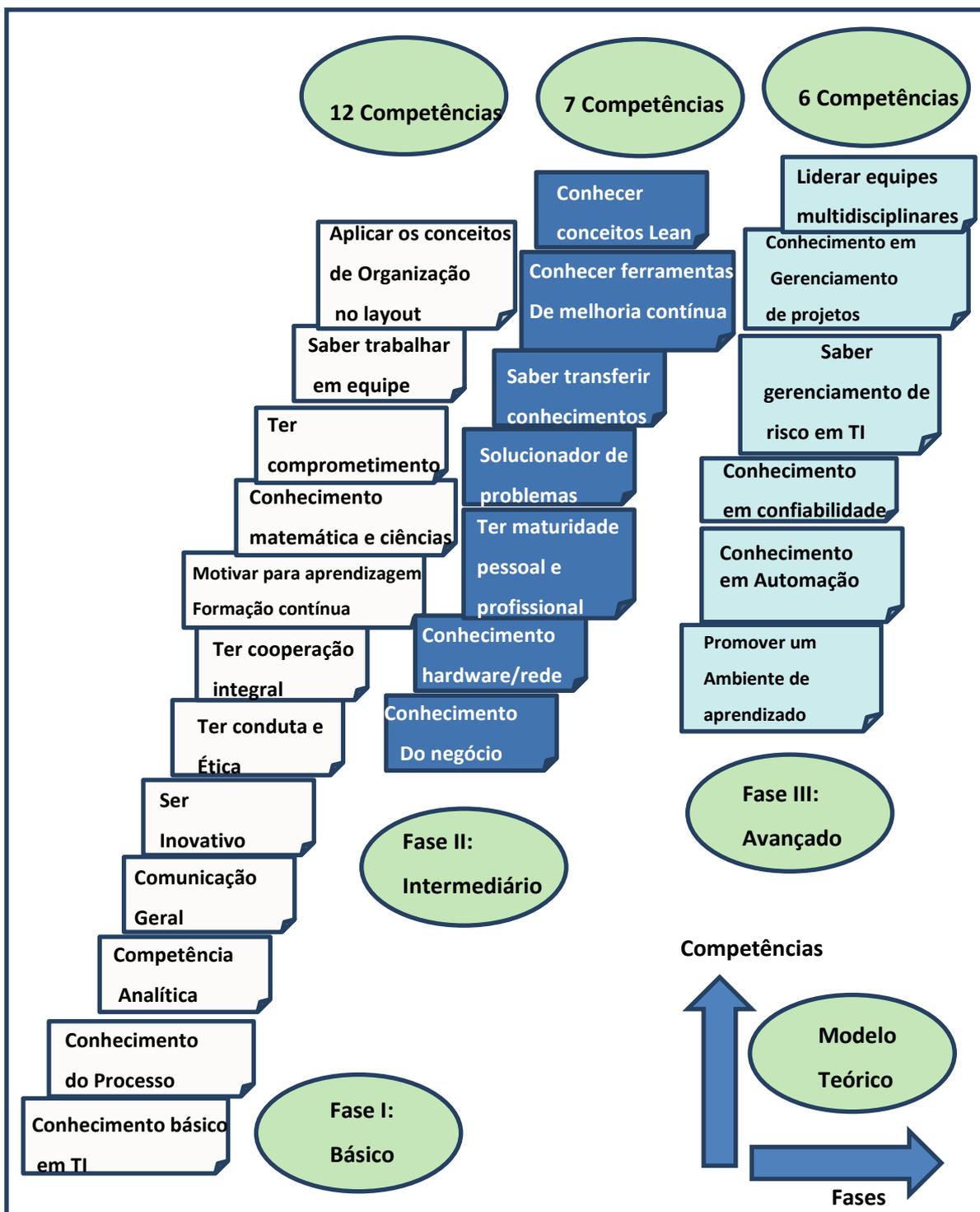
Especialista 1: Profissional com formação acadêmica em Psicologia, com várias especializações – nacional e internacional – em treinamento e desenvolvimento de pessoas. Leciona os temas profissões do futuro, empresas do futuro e jovens profissionais para o futuro.

Especialista 2: Profissional que atua há mais de 35 anos em atividades de manufatura em montadora de caminhões. Atualmente é o coordenador do projeto de implementação da indústria 4.0 no setor de montagem final.

Especialista 3: Graduada em Pedagogia, com especialização em projetos industriais, atua há 30 anos em projetos em chão de fábrica e atualmente desenvolve especificamente a preparação de profissionais para a implementação da indústria 4.0 em montadoras.

Especialista 4: Gestor de Manutenção há 40 anos em montadora de caminhões, atua na extensão dos projetos de implementação da Indústria 4.0 na empresa em parceria com o RH, focado na preparação da mão de obra específica para novos projetos.

Figura 11 – Material enviado para os especialistas para análise da lista de competências e as Fases de implementação



Este quadro, contendo a lista completa das 25 competências, e a sequência de implementação foram enviados para a primeira rodada, no método Delphi.

Quadro 8 – Avaliação recebida da 1ª rodada pelos 4 especialistas

Especialista	Lista de competências	FASES I, II e III
1 Manufatura	OK, sem alteração.	OK, sem alteração.
2 RH: Desenvolvimento	OK, sem alteração.	Sugerido alterar: <ul style="list-style-type: none"> • Conhecimento de hardware/rede na FASE II, transferir para FASE III. • Liderar equipes multidisciplinares na FASE III, transferir para FASE II.
3 Manutenção	OK, sem alteração.	OK, sem alteração.
4 RH: Gestão	OK, sem alteração.	Sugerido alterar: <ul style="list-style-type: none"> • Promover ambiente de aprendizado na FASE III, transferir para FASE II. • Conhecimento do negócio na FASE II, transferir para FASE III.

Fonte: Autor (2021)

Comentários da 1ª rodada: os especialistas da área de manufatura e manutenção não efetuaram alteração, sinalizando alto grau de confiabilidade na estrutura apresentada, tanto nas competências quanto nas FASES direcionadas.

As especialistas da área de RH e Desenvolvimento de talentos efetuaram as sugestões, aprofundando no estudo de competências e em sua prática na realidade fabril. As alterações da primeira rodada foram focadas no raciocínio de pré-requisito para a fase seguinte, sendo assim, a visão de desenvolvimento de RH visou a necessidade de preparar para a próxima competência.

As sugestões estavam direcionadas às FASES II e III, pois a básica já estava garantida com 12 competências. Sendo assim, na interpretação dos especialistas, as fases seguintes deveriam estar alinhadas na direção da capacitação efetiva e prática nas atividades da indústria 4.0.

Quadro 9 – Avaliação recebida da 2ª rodada pelos 4 especialistas

Especialista	Lista de competências	FASES I, II e III
1 Manufatura	OK, sem alteração.	OK, sem alteração.
2 RH: Desenvolvimento	OK, sem alteração.	OK, sem alteração.
3 Manutenção	OK, sem alteração.	OK, sem alteração.
4 RH: Gestão	OK, sem alteração.	OK, sem alteração.

Fonte: Autor (2021)

Comentários: na segunda rodada, foi obtido o consenso entre a área de RH, com as competências perfeitamente alinhadas. Os especialistas da área de manufatura efetuaram comentários positivos às alterações efetuadas. Segundo eles, a gestão da manufatura terá um nível de profissionais preparados e com domínio nos processos que serão alavancados pelos projetos de implementação da Indústria 4.0.

Seguem abaixo os comentários dos especialistas sobre o modelo de forma ampla.

Especialista 1: “Muito interessante a visão da soma de competências, entretanto a lista de 25 surpreendeu, detalhada e abrangente. O desdobramento das 3 Fases realmente facilitou e direcionou o processo de implementação das competências. Na minha visão, ter em mãos a lista das 25 competências já era um desafio para os projetos de implementação da Indústria 4.0, colocar numa sequência lógica, um desafio muito maior, ótimo”.

Especialista 2: “Realmente um caminho sem volta, a implementação da indústria 4.0 requer outro nível de profissionais na fábrica. Garantir novos atributos é fundamental. Nesse sentido, um norte é importantíssimo no meio de um labirinto de necessidades técnicas e, claro, comportamentais. A lista de 25 competências é um avanço neste

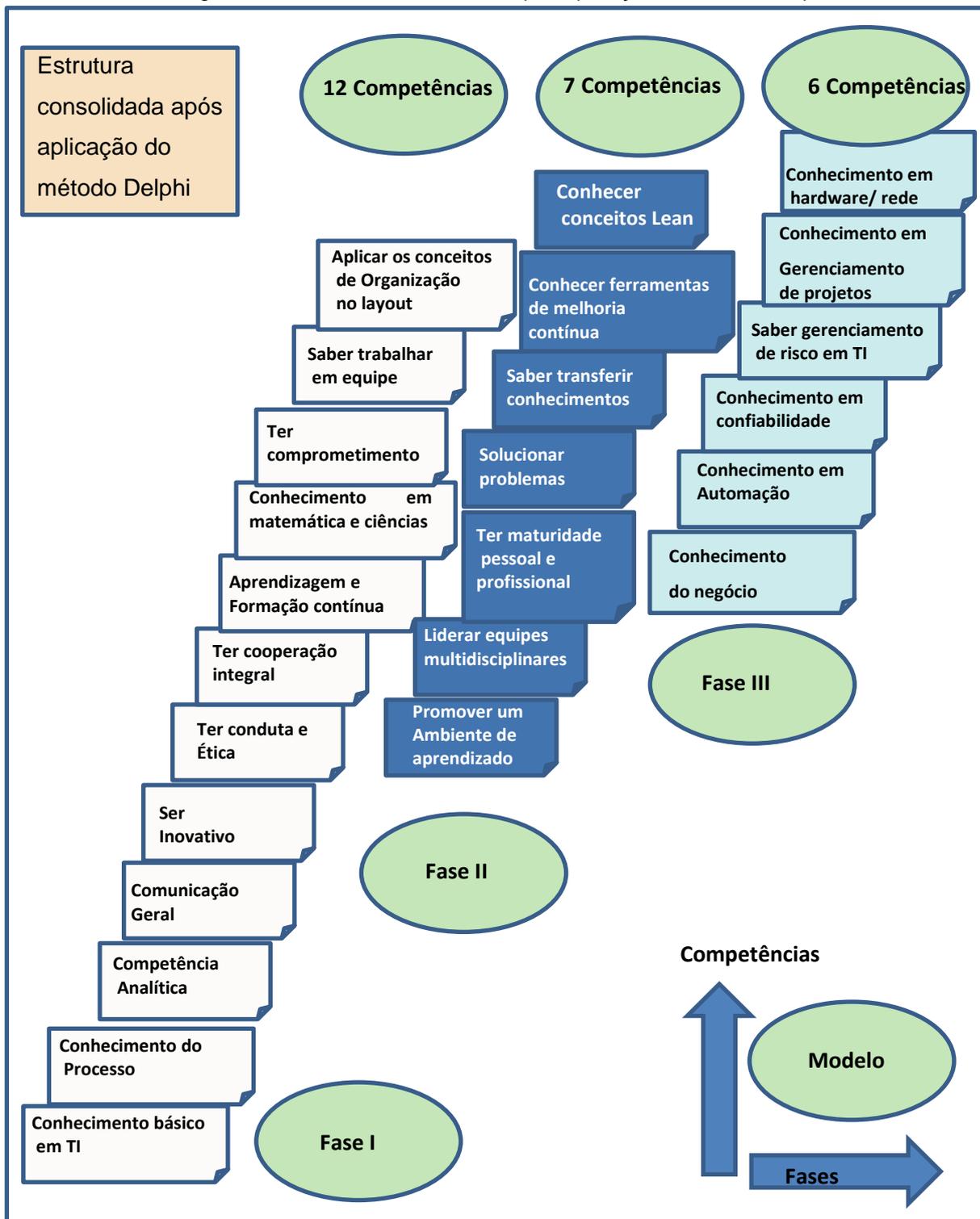
planejamento, fundamental para ter claro o que capacitar, e veja que não é pouco. Outro aspecto: como fazer essa preparação? A resposta está nas 3 Fases, similar a uma corrida de revezamento: vai passando o bastão, ou seja, vai preparando nos conceitos e encaminha, prepara para a Fase seguinte”.

Especialista 3: “Encarar um processo de desenvolvimento de pessoas, profissionais de diversos níveis, na etapa de inovação tecnológica da indústria 4.0, é equação complicada. A visão apresentada das 3 Fases neste modelo foi o encaixe do quebra-cabeças. É visível que cada fase proposta, os conhecimentos, ou seja, as matérias, se tornam pré-requisitos para a próxima fase. Resumidamente, este modelo qualifico como um verdadeiro mapa que mostra o caminho do tesouro”.

Especialista 4: “A atividade de manutenção, sempre alinhada com as necessidades da produção, tem a responsabilidade técnica de garantir o funcionamento pleno e contínuo dos equipamentos. A indústria 4.0 provoca um repensar, alavancando um verdadeiro salto na razão de existir, onde a antecipação será realidade através do monitoramento efetivo dos equipamentos e processos. Vamos trabalhar como é conhecido na mídia o “homem do tempo”: poderemos, de acordo com os indicadores, ter a previsão do que vai acontecer. Evidentemente que os profissionais terão que conhecer muito mais em relação ao estado atual, um comportamento pró ativo, preventivo, assim, o conjunto de competências listadas promoverá uma nova conduta no sistema produtivo. A consistência das 3 Fases será o crescimento concreto, cada degrau, cada Fase terá que estar consolidada, preparando para a Fase seguinte. Muito prático e inteligente acima de tudo”.

Na sequência, visualizamos o quadro consolidado após avaliação dos especialistas contendo as 25 competências hard e soft, assim como as 3 FASES de implementação, garantindo assim, a formação dos profissionais de atuação direta nas unidades fabris que gregam projetos de implementação da Indústria 4.0.

Figura 12 – Estrutura consolidada após aplicação do método Delphi



Fonte: Autor (2020)

5 CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo de implementação de competências hard e soft para projetos de implementação da Indústria 4.0, apresentando o caminho a ser percorrido na formação dos colaboradores, com caráter inovador para ser aplicado nos projetos que iniciarem nas empresas.

O modelo proposto apresenta a evolução em fases, ou seja, somente em uma questão de tempo serão agregadas as competências hard e soft definidas, acompanhando sempre a evolução das já implementadas, uma vez que agregar competências requer tempo, investimento de treinamentos e deverá dar retorno.

A contribuição deste trabalho ao cenário de empresas deverá agregar à gestão de processos e RH, essa sinergia fundamental aos projetos de implementação da Indústria 4.0.

As fases propostas neste modelo deverão alavancar um repensar no plano de desenvolvimento de Recursos Humanos, pois o modelo aqui proposto requer ações planejadas, concatenadas em perfeita sinergia de ações técnicas e comportamentais, baseadas nas competências hard e soft para os projetos de implementação da Indústria 4.0.

A análise dos especialistas contribui de maneira relevante, pois a interpretação realizada por esses profissionais com elevada competência e experiência proporcionou otimização ao modelo proposto. A aplicação do modelo Delphi organizou a sequência lógica de formação das competências, transmitindo credibilidade e confiança ao modelo proposto.

O modelo teórico aqui apresentado é um novo tratamento para o tema central do estudo do conhecimento visando este trabalho à obtenção da melhor estrutura de formação e preparação profissional para os desafios da implementação da indústria 4.0.

O ser humano terá cada vez mais destaque, no caminho que deverá transpor da realidade atual para os projetos de implementação da Indústria 4.0.

Como limitações deste trabalho está a abrangência geográfica da pesquisa, estrita a São Paulo e Grande São Paulo (ABCDM), atualmente limitado por razões da necessidade de isolamento social, pela pandemia, assim como, pelo reduzido número de especialistas consultados, que não permitem generalizações, porém apontam direções.

Como trabalhos futuros, sugere-se fazer avaliações do modelo com outros profissionais especializados, bem como aplicar o modelo em campo para teste, em empresas de diferentes segmentos de mercado, para a sua validação, de forma a transmitir maior grau de confiabilidade e claro, consistência ao modelo.

Não obstante fica a contribuição deste modelo para ser aplicado em projetos de implementação da Indústria 4.0, uma contribuição teórica para estudos de Indústria 4.0 em gestão da tecnologia e inovação.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, D. P.; MARTENS, M. L. Technology Roadmapping (TRM): a systematic review of the literature focusing on models. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 138, p. 127-138, 2019.
- ASSANTE, D. et al. Smart Education in the context of Industry 4.0. In: 2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2019, Dubai. **Proceedings of the 2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)**. IEEE, 2019. p. 1140-1145.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. Departamento de Competitividade, Economia e Estatística (DCEE), 2020.
- AZMI, A. N. et al. The Engineering Undergraduates Industrial Training Programme in Malaysia: Issues and Resolutions. **International Journal of Engineering and Advanced Technology**, v. 8, p. 405-419, 2019.
- BAL, H. C.; ERKAN, C. Industry 4.0 and Competitiveness. **Procedia Computer Science**, 3rd World Conference on Technology, Innovation and Entrepreneurship, v. 158, p. 625-631, 2019.
- BARRIE, S. C. A research-based approach to generic graduate attributes policy. **Higher Education Research & Development**, v. 23, 3. ed., p. 261-275, 2004.
- BOYATZIS, R. **The competent manager: a model of effective performance**. New York: Wiley, 1982.
- CAZZOLLA, A. et al. Augmented Reality to support education in Industry 4.0. **18th Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)**, v. 36, p. 9-11, 2019.
- DALING, L. et al. Challenges and Requirements for employee Qualification in the Context of Human-Robot-Collaboration. In: 2018 IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO), 2018, Gênova. **Proceedings of the 2018 IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO)**, 2018, p. 81-95.
- DEST; ACCI; BCA. **Employability Skills for the Future**. National Centre for Vocational Education Research, 2002.
<http://hdl.voced.edu.au/10707/62282>.
- DOMBROWSKI, U.; WULLBRANDT, J.; FOCHLER, S. Center of Excellence for Lean Enterprise 4.0. **Procedia Manufacturing**, v. 31, p. 66-71, 2019.
- DOMBROWSKI, U.; WAGNER, T. Mental Strain as Field of Action in the 4th Industrial Revolution. **Procedia Cirp**, v. 17, p. 100-105, 2014.

D'ORAZIO, L. SCHIRALDI, M. M.; VINCENZI, M. Competences in operations management: a literature review. In: XXIV Summer School "Francesco Turco" – Industrial Systems Engineering, 2019, Brescia. **Augmented knowledge: a new era of industrial systems**. Disponível em: <http://www.summerschool-aidi.it/edition-2019/cms/extra/papers/631.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

DUTTA, G. et al. Digital transformation priorities of India's discrete manufacturing SMEs – a conceptual study in perspective of Industry 4.0. **An International Business Journal**, p. 1-48, 2019.

ENKE, Judith et al. Industrie 4.0 – Competencies for a modern production system: A curriculum for Learning Factories. **Procedia Manufacturing**, v. 23, p. 267-272, 2018.

ETA. **Information technology competency model**. 2016. Disponível em: <https://www.careeronestop.org/CompetencyModel/Competency-Models/information-technology.aspx>

FINCH, D. J. et al. An exploratory study of factors affecting undergraduate employability. **Education + Training**, v. 55, p. 681-704, 2013.

FLEURY, M. T. L.; FLEURY, A. Construindo o conceito de competência. **RAC – Revista de Administração Contemporânea**, v. 5, p. 183-196, Ed. Especial, 2001.

FLORES, E.; XU, X.; LU, Y. A Reference Human-centric Architecture Model: a skill-based approach for education of future workforce. **Procedia Manufacturing**, v. 48, p. 1094-1101, 2020.

GALLEGO, M. D.; LUNA, P.; BUENO, S. Project management competencies in the project oriented organization. **The Gower Handbook of Project Management**, v. 44, p. 709-721, 2008.

GEHRKE, L. et al. **A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective**. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279201790_A_Discussion_of_Qualifications_and_Skills_in_the_Factory_of_the_Future_A_German_and_American_Perspective.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas S. A., 2008.

GLASS et al. Identifying the barriers to Industry 4.0. **Procedia CIRP**, v. 72, p. 985-988, 2018.

GRUBE, D.; MALIK, A.; BILBERG, A. SMES can touch Industry 4.0 in the Smart Learning Factory. **Procedia Manufacturing**, v. 31, p. 219-224, 2019.

HECKLAU, F. et al. Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. **Procedia CIRP**, v. 54, p. 1-6, 2016.

ISMAIL, A. A.; HASSAN, R. Technical Competencies in Digital Technology towards Industrial Revolution 4.0. **Journal of Technical Education and Training**, v. 11, n. 3, p. 55-62, 2019.

ITPA. **IT Human Resources Development: i Competency Dictionary**. Japão: Independent Administrative Agency, 2015. Disponível em: <https://www.ipa.go.jp/english/humandev/icd.html>.

JERMAN, A. et al. Conceptual Key Competency Model for Smart Factories in Production Process. **Research Papers**, v.53, p. 68-88, 2020.

KAASINEN, E. et al. Empowering and engaging industrial workers with Operator 4.0 solutions. **Computers & Industrial Engineering**, v.139, p. 1-14, 2019.

KIPPER, L. M. et al. Scientific mapping to identify competencies required by Industry 4.0. **Technology in Society**, v. 64, p. 101-454, 2021.

KRUGER, S.; STEYN, A. A. A conceptual model of entrepreneurial competencies needed to utilise technologies of Industry 4.0. **The International Journal of Entrepreneurship And Innovation**, v. 22 (I), p. 56-67, 2021.

LABAKA, L.; HERNANTES, J.; SARRIEGI, J. M. A holistic framework for building critical infrastructure resilience. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 103, 21-33, 2016.

LIBONI, L. B. et al. Smart industry and the pathways to HRM 4.0: implications for SCM. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 24, p. 124-146, 2019.

MAGALDI, S.; NETO, J. S. **Gestão do Amanhã: tudo o que você precisa saber sobre gestão, inovação e liderança para vencer na 4ª Revolução Industrial**. São Paulo: Editora Gente, 2018.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, G. DE A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MD SAAD, M. S. et al. Employers' perception on engineering, information and communication technology (ICT) students' employability skills. **Global Journal of Engineering Education**, v. 15 p. 42-47, 2013.

MENENDEZ, M.H.; DIAZ, C.E.; MENENDEZ, R.M. Thecnologies for the future of learning: state of the art. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, v.14, p. 683-695, 2019.

MOLDOVAN, L. State-of-the-art Analysis on the Knowledge and Skills Gaps on the Topic of Industry 4.0 and the Requirements for Work-based Learning. **Procedia Manufacturing**, v. 32, p. 294-301, 2019.

MUKTIARNI, M. et al. Digitalisation trend in education during industry 4.0. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1402, p. 1-9, 2019.

NITU, E. L.; GAVRILUTA, A. C. Lean Learning Factory at the University of Pitesti. **IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering**, v. 591, p. 1-18, 2019.

PRIFTI, L. et al. A Competency Model for "Industrie 4.0" Employees. In: 13th International Conference on Wirtschaftsinformatik, 2017, St. Gallen. **Proceedings of the 13th International Conference on Wirtschaftsinformatik**, 2017. p. 46-60.

QUINT, F.; SEBASTIAN, K.; GORECKY, D. A Mixed-reality Learning Environment. **Procedia Computer Science**, International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education, 2015.

RADERMACHER, A.; WALIA, G. Gaps between industry expectations and the abilities of graduates. In: 44th ACM Technical Symposium on Computer Science Education, 2013, Colorado. **Proceeding of the 44th ACM Technical Symposium on Computer Science Education**. Colorado, 2013, p. 525-530.

SACOMANO, J. B. et al. (Org.) **Indústria 4.0: Conceitos e Fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2018.

SCHOLTES, P. R. **Times de qualidade: como usar equipes para melhorar a qualidade** / Peter R. Scholtes com contribuições de Brian L. Joiner et al. Tradução de Elenice Mazzilli, Lucia Faria Silva, Associação Alumni. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

SCHUH et al. **Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies**. Munich: Utz Verlag, 2017.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23ª ed. São Paulo: Cortez, 2013.

SFIA FOUNDATION. **Skills Framework for the Information Age. Versão 6**. 2015. Disponível em: <https://www.sfia-online.org/en/sfia-6/framework-summary/view>.

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 p. 1-19, 2017.

SIDDOO, V. et al. An exploratory study of digital workforce competency in Thailand. **Heliyon**, v. 5, p. 1-22, 2019.

SINGH, G. K.; SINGH, S. K.. Malaysian graduates' employability skills. **UniTAR e-journal**, v. 4, p. 15-45, 2008.

SYNNES,E.L.;WELO,T.Enhancing Integrative Capabilities through Lean Product and Process Development. In: 6th CIRP Conference on Learning Factories, 2016, Trondheim. **Science Direct**.Procedia CIRP, 2016, v. 54, p. 221-226.

TALIB,C.A. et al. Enhancing Students Reasoning Skills in Engineering and Technology through Game-based Learning. **International Journal of Emerging Technologies in Learning**, v. 14, n. 24, 2019.

TIPPINS, M. J.; Sohi, R. S. IT competency and firm performance: is organizational learning a missing link? **Strategic Management Journal**, v. 24, 8 ed., p. 745-761, 2003.

TÜRKEŞ et al. Drivers and Barriers in Using Industry 4.0: A Perspective of SMEs in Romania. **MDPI**,2019.

VAN ECK, N.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2010.

VERMA, A.; BANSAL,M.;VERMA,J. Industry 4.0: reshaping the future of HR. **Strategic Direction**, v.36, p. 9-11, 2019.

VILA,C. et al. Project-based collaborative engineering learning to develop Industry 4.0 skills within a PLM framework. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 1269-1276, 2017.

WAGNER, S. A.; VOGT, S.; KABST, R. The future of public participation: Empirical analysis from the viewpoint of policy-makers. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 106, p. 65-73, 2016.

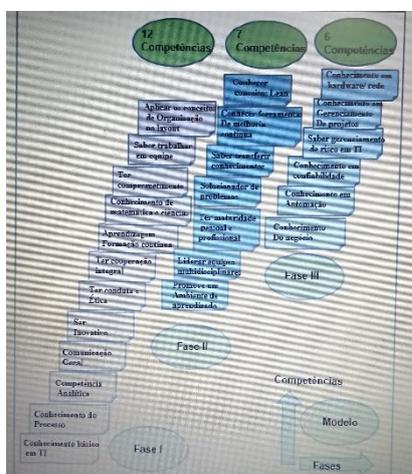
APÊNDICE

Avaliação do Modelo de 3 Fases para implementação das competências aos Projetos de Indústria 4.0. através do questionamento, avaliação e correção sequencial denominado Método Delphi.

Participantes : Especialistas da área industrial e de RH, com foco em desenvolvimento de pessoas.

- . Especialistas da área industrial: Gestão de produção e Manutenção;
- . Especialistas de RH : Gestão de pessoas e desenvolvimento interno.

Estratégia: Entrega para cada especialista o Modelo proposto de 3 Fases para análise, avaliação e retorno, dessa forma, adequamos as propostas de alterações individuais.



Modelo apresentado na proposta do estudo da dissertação.

Avaliações em destaque :

- . *Especialistas da área industrial*: 100 % de acordo com o proposto = consolidado;
- . *Especialistas de RH* : Sugestão de alteração sequencial baseado no conceito de pré requisito para temas seguintes, ou seja, proposto alternar temas da Fase 2 para 3 , no sentido de garantir melhor absorção do tema.

Liderar equipes multidisciplinares e promover ambiente de aprendizado na FASE III, optou-se por transferir para FASE II, ou seja, os especialistas de RH, consideram temas prioritários na preparação profissional, sendo assim, efetuado o deslocamento da Fase III para a II.

Na avaliação e proposta dos especialistas de RH, itens fundamentais na formação para projetos da indústria 4.0.

Conclusão:

Após essa alteração, se consolidou a unanimidade, ou seja, 100 % de sintonia, e formatando a sequência validada.

O Método Delphi foi adequado ao processo de consolidação da sequência de temas nas Fases I, II e III, para formação nas competências listadas para projetos de implementação da indústria 4.0.