unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

GIOVANNI PESSIN MOSCHETTO

Título do trabalho: Indústria 4.0 no Consórcio Modular: Trabalho, Processo e Conhecimento na Cadeia de Suprimentos de Motores

Guaratinguetá
2023

Giovanni Pessin Moschetto

Título do trabalho: Indústria 4.0 no Consórcio Modular: Trabalho, Processo e Conhecimento na Cadeia de Suprimentos de Motores

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Muniz Júnior

Guaratinguetá
2023

Moschetto, Giovanni Pessin
M895i Indústria 4.0 no consórcio modular: trabalho, processo e conhecimento na cadeia de suprimentos de motores / Giovanni Pessin Moschetto – Guaratinguetá, 2023.
75 f : il.
Bibliografia: f. 52-60

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2023.
Orientador: Prof. Dr. Jorge Muniz Júnior

1. Indústria automobilística. 2. Gestão do conhecimento. 3. Inovações tecnológicas. 4. Produtividade industrial. I. Título.

CDU 67.01(043)

Luciana Máximo
Bibliotecária CRB-8/3595

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

GIOVANNI PESSIN MOSCHETTO

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
"MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO"

PROGRAMA: ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO: MESTRADO PROFISSIONAL

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

gov.br Documento assinado digitalmente
GISLAINE CRISTINA BATISTELA
Data: 24/01/2023 18:15:45-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Profª. Drª. Gislaine Cristina Batistela
Coordenadora - PPGEP-MP

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. JORGE MUNIZ JUNIOR
Orientador - UNESP/FEG
participou por videconferência

Prof. Dr. Davi Noboru Nakano
USP
participou por videconferência

Prof. Dr. Fernando Bernardi de Souza
UNESP/Bauru
participou por videconferência

Janeiro de 2023

DADOS CURRICULARES

GIOVANNI PESSIN MOSCHETTO

NASCIMENTO	04/09/1991 – São Caetano do Sul / SP
FILIAÇÃO	Luiz Carlos Moschetto Sônia Pessin Moschetto
2007	Técnico em Mecânica Automobilística SENAI SP
2011/2016	Graduação em Engenharia Mecânica Plena Centro Universitário da FEI
2017/2019	Mestrado em Engenharia Mecânica Hochschule Schmalkalden

Dedico este trabalho aos meus pais, à minha irmã, à minha família e aos meus amigos, por todo suporte que recebi durante a elaboração do mesmo.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos;

aos meus pais Sônia e Luiz e à minha irmã Giulia, que sempre incentivaram meus estudos;

ao meu orientador *Prof. Dr. Jorge Muniz Júnior*, que jamais deixou de me incentivar. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível;

aos meus colegas de trabalho, que contribuiram para este trabalho;

aos funcionários da Biblioteca do Campus de Guaratinguetá pela dedicação, presteza e principalmente pela vontade de ajudar;

aos funcionários da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá pela dedicação e alegria no atendimento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Volkswagen Caminhões e Ônibus (VWCO), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), CAPES-PrInt #88887.310463/2018-00), e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP # 2021/10944-2).

“Inteligência é a capacidade de se adaptar à mudança”

Stephen Hawking

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo discutir os impactos da Indústria 4.0 na indústria automotiva na visão gerencial relacionados à perspectiva do Trabalho – questões associadas com recursos humanos; perspectiva do Processo – recursos físicos utilizados no processo produtivo; perspectiva de Conhecimento – criação e compartilhamento de conhecimento. As descobertas exploram oportunidades de pesquisa da Indústria 4.0 relacionadas ao trabalho e fatores humanos em linhas de montagem. Com base nas lacunas encontradas na literatura, esta pesquisa discute ainda os desafios da gestão para apoiar a transformação digital e os impactos nos trabalhadores e nas organizações. A fim de discutir os impactos da implementação da Indústria 4.0, foi realizado um estudo de caso sobre a Cadeia de Suprimentos de Motores do Consórcio Modular, que inclui a MWM, fabricante de motores; Powertrain, módulo responsável pela montagem dos motores no Consórcio Modular; Volkswagen Caminhões & Ônibus, responsável pelo Consórcio Modular. Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com quatro gerentes seniores responsáveis pela implantação da Indústria 4.0. As respostas foram tratadas por meio de análise de conteúdo. Os entrevistados destacam o trabalho e os fatores humanos como importantes para a implementação da I4.0, que incluem tarefas dos trabalhadores, competências, natureza do trabalho, desenvolvimento de recursos humanos, processo de contratação e estratégias das organizações. Constatou-se também que o compartilhamento de conhecimento representa um enorme desafio. As descobertas contribuem com o interesse acadêmico sobre os impactos no trabalho, processo e conhecimento na indústria automotiva brasileira e com os profissionais das organizações com as questões relacionadas à implementação da Indústria 4.0.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria automotiva. Indústria 4.0. Fatores humanos. Trabalho. Competência. Gestão do conhecimento.

ABSTRACT

This work aims to discuss Industry 4.0 impacts on the automotive industry in a managerial perspective related to work – issues correlated with human resources; process – physical resources used in production process; knowledge – associated with creation and sharing of knowledge. The findings explore Industry 4.0 research opportunities related to work and human factors on assembly lines. In lieu of gaps in literature, this research further discusses management challenges to support digital transformation and impacts on workers and organizations. A case study on Engine Value Chain of Modular Consortium, which includes MWM, engine manufacturer; Powertrain, engine assembler at Modular Consortium; Volkswagen Caminhões e Ônibus, responsible for the Modular Consortium. Semi-structured interviews were conducted with four senior managers responsible for Industry 4.0 implementation. Responses were treated via content analysis. The interviewees highlight work and human factors as important for I4.0 implementation, which include workers tasks, skills, nature of work, human resource development, hiring process and organizations strategies. It was also found that knowledge sharing poses a huge challenge. The findings contribute with academic interest on work, production and knowledge impacts on assembly lines, and with practitioners on issues related to Industry 4.0 implementation.

KEYWORDS: Automotive industry. Industry 4.0. Human Factor. Work. Competence. Knowledge Management.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – As tecnologias da I4.0 e suas definições..... 17
Quadro 2 – Relação entre o contexto da I4.0 e as competências necessárias do trabalhador..... 20
Quadro 3 – Abordagem dos instrumentos de maturidade em I4.0 da literatura e as dimensões dos aspectos humanos na I4.0..... 21
Quadro 4 – Estratégia metodológica da pesquisa..... 27
Quadro 5 – Revisão teórica..... 29
Quadro 6 – Perfil profissional dos entrevistados..... 33
Quadro 7 – Exemplo de Análise de Conteúdo..... 34
Quadro 8 – Principais fatores e suas respectivas frequências identificados nas análises de conteúdo..... 45
Quadro 9 – Análise de conteúdo qualitativo da entrevista com o GEEIM..... 61
Quadro 10 – Análise de conteúdo qualitativo da entrevista com o GEORH 63
Quadro 11 – Análise de conteúdo qualitativo da entrevista com o GI..... 66
Quadro 12 – Análise de conteúdo qualitativo da entrevista com o GQML 69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CSM	CADEIA DE SUPRIMENTOS DE MOTORES
CM	CONSÓRCIO MODULAR
GQML	GERENTE DE QUALIDADE, MANUFATURA E LEAN
GC	GESTÃO DO CONHECIMENTO
GEEIM	GERENTE EXECUTIVO DE ENGENHARIA INDUSRIAL E MANUTENÇÃO
GEORH	GERENTE EXECUTIVO DE ORGANIZAÇÃO E RECURSOS HUMANOS
GI	GERENTE INDUSTRIAL
GRH	GESTÃO DE RECURSOS HUMANOS
I4.0	INDÚSTRIA 4.0
I	INTEGRAÇÃO
IoT	INTERNET OF THINGS – INTERNET DAS COISAS
MES	*MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM* – SISTEMA DE EXECUÇÃO DE FABRICAÇÃO
O	ORGANIZAÇÃO
ODS	OBJETIVO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
RH	RECURSOS HUMANOS
RPA	*ROBOTIC PROCESS AUTOMATION* – AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS ROBÓTICOS
SCF	SISTEMAS CIBER-FÍSICOS
T	TRABALHADOR
VWCO	VOLKSWAGEN CAMINHÕES E ÔNIBUS

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	13
1.1	JUSTIFICATIVA	15
1.2	OBJETIVO E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	15
1.3	CONTRIBUIÇÕES	16
1.4	ESTRUTURA DA PESQUISA	16
2	**PANORAMA TEÓRICO**	17
2.1	INDÚSTRIA 4.0	17
2.2	LADO HUMANO DA INDÚSTRIA 4.0	19
2.3	AGENDA DA INDÚSTRIA 4.0 RELACIONADA AO TRABALHO, PROCESSOS E CONHECIMENTO	23
2.4	SÍNTESE DO PANORAMA TEÓRICO	25
3	**ESTRATÉGIA METODOLÓGICA**	27
3.1	REVISÃO TEÓRICA (ETAPA A.1)	28
3.2	CONTEXTO DE ESTUDO (ETAPA B.1)	29
3.3	CONSTRUÇÃO DO ROTEIRO (ETAPA B.2)	30
3.4	PRÉ-TESTE DA PESQUISA (ETAPA C.1)	32
3.5	SELEÇÃO DOS ENTREVISTADOS (ETAPA C.2)	33
3.6	REALIZAÇÃO DAS ENTREVISTAS (ETAPA C.3)	33
3.7	TRATAMENTO DOS DADOS (ETAPA C.4)	33
4	**ANÁLISE DAS ENTREVISTAS**	35
4.1	PERSPECTIVA DO TRABALHO	35
4.2	PERSPECTIVA DO PROCESSO	40
4.3	PERSPECTIVA DO CONHECIMENTO	42
4.4	SÍNTESE DA ANÁLISE DOS RESULTADOS	43
5	**DISCUSSÕES**	47
6	**CONCLUSÃO**	49
6.1	IMPLICAÇÕES PRÁTICAS E TEÓRICAS	49
6.2	TRABALHOS FUTUROS	50
	REFERÊNCIAS	52
	APÊNDICE A – Quadros com as análises de conteúdo das entrevistas	61
	APÊNDICE B – Resumo da revisão teórica	72

1 INTRODUÇÃO

A Transformação Digital da Gestão de Operações, conhecida também como Manufatura do Futuro (EPSRC, 2018) e Indústria 4.0 (SIEMENS, 2015; EU PARLIAMENT, 2016), inclui tecnologias digitais como: Internet das Coisas (IoT), Robótica Avançada, Manufatura Aditiva e Inteligência Artificial. Esta pesquisa aplica o termo Indústria 4.0 (I4.0) para nomear esse contexto que promete produtos customizados produzidos em menores lotes e que pode, muito em breve, automatizar tarefas tradicionais e repetitivas (KARRE et al., 2017).

A indústria automotiva está vivenciando uma transformação significativa. Essa transformação é impulsionada pela integração de novas tecnologias da I4.0 que criaram novas formas de combinar produtos e serviços.

Por um lado, há a intensificação da oferta de serviços e soluções de transporte digitais e conectados, exigindo uma alta demanda por inovação (SIMA et al., 2020). Por outro lado, há o desenvolvimento e produção de novos produtos visando a redução da complexidade e a mobilidade sustentável, demandando novas competências dos trabalhadores. No caso da substituição do motor a combustão interna tradicional pelo motor elétrico, haverá menor complexidade de componentes e, segundo o instituto Fraunhofer (HERRMANN et al., 2020), redução de 40% do volume de trabalho na montagem.

Para que a indústria automotiva continue sendo competitiva, seus produtos e suas operações devem ser projetados e desenvolvidos em direção à I4.0 (RESMAN et al., 2020). A tecnologia foi sinônimo de altos investimentos, entretanto, recentemente, com o desenvolvimento das tecnologias e aumento dos custos de mão de obra, as organizações estão mais interessadas em implementá-las a fim de se manterem competitivas, reduzindo custos e maximizando os lucros (NOVAKOVA, 2020). Essa transformação não afeta somente os processos, mas também as pessoas (KAZANCOGLU e OZKAN-OZEN, 2018).

As novas tecnologias transformam, não apenas, os meios de produção e distribuição de bens e serviços, mas também têm o potencial de impactar os requisitos de qualificação dos trabalhadores, produtividade de processos, compartilhamento de conhecimento, meio ambiente, distribuição de renda e bem-estar social (OECD, 2017). O Relatório ACATECH (SCHUH et al., 2020) relaciona a implementação do I4.0 aos sistemas sociais, que compreende sociedade, sustentabilidade, desenvolvimento regional, empresas, trabalhadores, cultura, estrutura organizacional, produtividade, competitividade e

qualificação dos trabalhadores. Portanto, é necessário estudar os impactos da implementação do I4.0 nas perspectivas do Trabalho, Processo e Conhecimento.

Na perspectiva do Trabalho, o IndustriAll Global Union (2017), federação sindical global, indica que a I4.0 cria oportunidades para diferentes trabalhadores, se tiverem acesso à (re)educação, (re)qualificação e formação especializada. Aspectos socioeconômicos, como a falta de mão de obra qualificada e o adiamento da aposentadoria devido ao envelhecimento social prejudicam a implantação do I4.0 (SHAMIM et al., 2016; PERUZZINI e PELLICCIARI, 2017). Para a I4.0 existe a necessidade de trabalhadores qualificados, incluindo *soft skills* como criatividade, abordagem de resolução de problemas e comunicação (KAASINEN et al., 2020; KIPPER et al., 2020).

É desconsiderado muitas vezes que o sucesso da implantação de determinada tecnologia depende de quem a aplica e a utiliza, negligenciando o papel do trabalhador, que é elemento fundamental nesse processo (KIPPER et al., 2020; VALENTINA et al., 2021).

Na perspectiva do Processo, o contexto das novas tecnologias e customização em massa exige que os programas de Recursos Humanos (RH) sejam atualizados para apoiar as estratégias de treinamento, a fim de preparar os trabalhadores para lidar com o ambiente da I4.0 (SIMA et al., 2020; WIBOWO et al., 2020). A complexidade das novas tarefas exige dos trabalhadores a capacidade de resolver problemas e lidar as com novas tecnologias (KAASINEN et al., 2020).

Completando todo esse cenário com a perspectiva do Conhecimento, Sié e Yakhlef (2009) destacam que o compartilhamento do conhecimento e seu aprendizado dependem das pessoas e acontecem por meio do diálogo sobre o entendimento do porquê as coisas acontecem, o que inclui o julgamento e as experiências do trabalhador.

O Brasil continua sendo um dos 10 maiores fabricantes de veículos do mundo, que produziu mais de 2,0 milhões em 2021 (PRODUCTION STATISTICS, 2022), mostrando a importância da indústria automotiva no setor econômico brasileiro.

Diante dos possíveis impactos nas perspectivas do trabalho, processo e conhecimento com a substituição dos atuais motores de combustão interna por motores elétricos bem menos complexos, entender as consequências na Cadeia de Suprimentos de Motores (CSM) pode promove vantagem competiva, uma vez que permite a preparação para essa transformação. O Consórcio Modular (CM) fornece um cenário fértil para este estudo, uma vez que a cadeia de suprimentos encontra-se no mesmo sistema de produção, garantindo condições organizacionais e culturais representativas (RODRIGUEZ et al., 2021).

1.1 JUSTIFICATIVA

A análise da literatura evidencia que pesquisas relacionadas às tecnologias da I4.0 são em muito maior número, quando comparada com as pesquisas relacionadas aos aspectos humanos (KAZANCOGLU e OZKAN-OZEN, 2018; NOVAKOVA, 2020), bem como com a predominância de estudos teóricos (SHAMIM et al., 2016; STOCK e SELIGER, 2016; MESKI et al., 2019). Há discussões sobre barreiras para a implantação da I4.0 por meio de análise qualitativa e quantitativa (SILVIANITA e LING, 2020; WIBOWO et al., 2020; ACCIARINI et al., 2021), além de análise estatística e correlação (VRCHOTA et al., 2019), indicando que a maior desvantagem é a falta de trabalhadores qualificados para esse cenário.

Nesse contexto, há oportunidade de pesquisa sobre estudos empíricos relativos aos impactos da I4.0 em sistemas produtivos considerando a gestão do trabalho, do processo e do conhecimento, como pode ser visto abaixo:

- os impactos sociais na implementação I4.0 (TROTTA e GARENGO, 2018);
- a qualificação dos trabalhadores para a I4.0 (MÜLLER, 2019; VRCHOTA et al., 2019; SIMA et al., 2020; WIBOWO et al., 2020);
- o desenvolvimento de competências dos futuros trabalhadores da I4.0 diante das novas tecnologias (VRCHOTA et al., 2019; SIMA et al., 2020; WIBOWO et al., 2020).

1.2 OBJETIVO E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O objetivo desta pesquisa é discutir os impactos da implantação da I4.0 na indústria automotiva no contexto gerencial nas perspectivas do Trabalho – impactos relacionados com os Recursos Humanos (RH); Processo – Recursos físicos utilizados no processo de produção; Conhecimento – Associados com a criação e compartilhamento de conhecimento entre os trabalhadores.

A pesquisa usa um estudo de caso da Cadeia de Suprimentos de Motores (CSM) do Consórcio Modular (CM), que inclui: MWM, fabricante de motores; Powertrain – Joint Venture entre MWM e Cummins –, módulo responsável pela montagem dos motores no CM; Volkswagen Caminhões e Ônibus (VWCO), montadora responsável pelo CM. Esta pesquisa escolheu a CSM pela sua natureza complexa e intensiva em conhecimento (MUNIZ JR et al., 2021), especialmente em um contexto com três diferentes organizações,

três diferentes diretorias e três diferentes filosofia de trabalho, reforçando o aspecto multicultural e multiorganizacional do CM. Investigar diferentes sistemas sociais se ajustando para I4.0 é essencial para que a indústria funcione de forma eficiente neste novo contexto.

A tendência a longo prazo demonstra a transformação das montadoras de veículos em fornecedoras de serviços de transporte (DE LARA, 2019). Essa transformação é impulsionada pelas tecnologias da I4.0.

No aspecto prático e relevante para as organizações do setor automotivo, a pesquisa aborda os impactos na CSM com a relevante transformação do tradicional conceito de propulsão veicular baseado nos motores de combustão interna para os motores elétricos de menor complexidade no desenvolvimento e na produção (HERRMANN et al., 2020), além de reforçar a importância dos RH na implementação da I4.0.

1.3 CONTRIBUIÇÕES

Como as pesquisas relacionadas às tecnologias da I4.0 são em muito maior número, quando comparada com as pesquisas relacionadas aos aspectos humanos, e, em linha com as recentes ações da Comissão Europeia que passou a chamar essa transformação de Indústria 5.0 com o objetivo de focar nos aspectos humanos (EUROPEAN COMMISSION, 2021), esta pesquisa contribuirá com a geração de conhecimento relacionados aos aspectos humanos na transformação digital.

A pesquisa apresenta uma discussão que pode orientar ações de RH na implementação da I4.0 ao abordar os impactos nos trabalhadores da CSM, além de apresentar as competências necessárias dos trabalhadores para atuarem nessa transformação.

1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA

Este trabalho possui 6 seções organizados da seguinte forma: A Seção 1 trata do contexto no qual a pesquisa se insere, objetivo, delimitação e contribuições da pesquisa. A Seção 2 discorre sobre o panorama teórico da I4.0 e seu lado humano. A Seção 3 apresenta a estratégia metodológica da pesquisa, contexto de estudo, construção do instrumento de pesquisa, seleção dos entrevistados e coleta e tratamento dos dados. A Seção 4 aborda a análise dos resultados. A Seção 5 discute os resultados obtidos e a Seção 6 conclui o trabalho considerando as implicações práticas e teóricas, além de propor trabalhos futuros.

2 PANORAMA TEÓRICO

Este capítulo apresenta o panorama teórico da pesquisa através da descrição da I4.0, do lado humano impactado pela sua implementação e da agenda da I4.0 relacionada ao trabalho, processo e conhecimento.

2.1 INDÚSTRIA 4.0

A transformação vivenciada pela indústria automotiva é impulsionada pela integração de novas tecnologias da I4.0. Essas tecnologias formam um sistema complexo cujo os principais elementos estarão interligados, resultando em fábricas inteligentes (BENOTSMANE et al., 2019). O Quadro 1 apresenta as principais tecnologias da I4.0.

Quadro 1 - As tecnologias da I4.0 e suas definições

(continua)

Tecnologia	Definição
Manufatura aditiva, prototipagem rápida ou impressão 3D	Máquinas versáteis para sistemas de manufatura flexíveis, capazes de transformar modelos 3D digitais em produtos físicos usando manufatura aditiva
Inteligência artificial	Algoritmos baseados em computador que usam métodos analíticos e estatísticos para apoiar a análise de dados e a tomada de decisão automatizada
Análise de Big Data	Análise preditiva baseada em computador, mineração de dados e análise estatística para tratar conjuntos de dados grandes e não estruturados, gerados por sensores
Projeto e fabricação auxiliados por computador	Sistemas baseados em computador para design de produtos, planejamento e gerenciamento de manufatura
Computação em nuvem	Armazenamento e processamento de grandes volumes de dados em computadores remotos
Sistemas Ciber-Físicos	Sistema de produção que combina diversas tecnologias e é capaz de interagir com outros sistemas, redes de comunicação e operadoras
Automação digital baseada em sensor	Sistemas automatizados com sensor embutido
Sistemas de produtos e serviços digitais	Serviços digitais incorporados em produtos usando internet das coisas, sensores, processadores e recursos habilitados para software

Quadro 1 - As tecnologias da I4.0 e suas definições

(conclusão)

Tecnologia	Definição
Linhas de produção flexíveis	Automação digital dos processos de fabricação por meio de sensores que permitem Sistemas de Manufatura Reconfiguráveis (RMS) capazes de alterar a produção
Sistema integrado de engenharia	Integração de sistemas de suporte de TI para troca de informações no desenvolvimento e fabricação de produtos
Internet das coisas (IoT)	Sensores baseados em internet de alta velocidade que permitem controlar equipamentos remotamente
Sistemas de Execução de Manufatura (MES) e Controle de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA)	Monitoramento remoto do chão de fábrica em tempo real que permite agendamento dinâmico
Robótica	Aplicação de máquinas de manufatura programáveis e autônomas
Simulações/análises de modelos virtuais	Aplicação de métodos analíticos em projetos de engenharia e sistemas que simulam suas propriedades e resultados
Fábrica virtual	Modelo integrado de simulação de fábrica para apoiar a capacidade de tomada de decisão

Fonte: Ribeiro et al. (2022).

Essa transformação será regida por Sistemas Ciber-Físicos (SCF). Os SCF possuem componentes computacionais colaborativos que visam controlar entidades físicas e, consequentemente, exigirão trabalhadores com novas competências para atuar neste contexto, além da eliminação de várias tarefas tradicionais e repetitivas (RIMINUCCI, 2018; TROTTA e GARENGO, 2018; NOVAKOVA, 2020; SIMA et al., 2020). Por isso, se faz necessário explorar os aspectos humanos necessários e usar suas competências na implementação da I4.0 (MESKI et al., 2019).

São identificadas na literatura diversas vantagens com a implementação da I4.0, como: aumento da eficiência econômica, aumento da produtividade do trabalho, flexibilidade, redução dos custos e aumento do retorno de investimento. Entretanto, também se identificam desvantagens, como a redução da criatividade com a automação de máquinas, o desaparecimento do capital humano da tecnologia de produção e o aumento da taxa de desemprego (SIMA et al., 2020; ACCIARINI et al., 2021), demandando uma discussão sobre a empregabilidade, ou seja, as demissões e contratações relacionadas com a implementação da I4.0 (WOLLSCHLAEGER et al., 2017).

A literatura identifica que a falta de competência dos trabalhadores para a implementação da I4.0 pode servir de obstáculo nessa transformação (NOVAKOVA, 2020). Uma outra barreira está associada com a aceitação do trabalhador (MÜLLER, 2019; GOSWAMI e DAULTANI, 2021), uma vez que não identifica a sua importância nessa mudança.

2.2 LADO HUMANO DA INDÚSTRIA 4.0

Segundo Weiss (2017), o trabalho humano possui três componentes: habilidades, competências e comportamento. Habilidades são aptidões cognitivas (envolvendo o uso de lógica, intuição e pensamento criativo) ou prático (envolvendo destreza manual e o uso de métodos, materiais e ferramentas) para se aplicar um conhecimento e experiência objetivando a conclusão de uma tarefa (CHRYSSOLOURIS et al., 2013). Competências são conhecimentos e experiências do trabalhador e estão relacionadas com suas técnicas e seus métodos para realizar uma tarefa. A boa execução de uma tarefa está relacionada também com o comportamento e atitude do trabalhador, isto é, tem relação com fatores cognitivos afetivos e traços de personalidade. Um exemplo prático para facilitar a assimilação dos termos habilidade e competência é: é possível se tornar hábil em software de análise de dados em algumas horas, mas não é possível se tornar totalmente competente em análise de dados nesse tempo. Segundo Melo et al. (2022), dota-se o termo competência englobando todos os requisitos necessários para que os trabalhadores desenvolvam suas atividades frente às novas demandas advindas com as tecnologias e ferramentas da I4.0, incluindo as habilidades.

De acordo com Resman et al. (2020), as competências podem ser divididas em três aspectos: social, personalidade e profissional. Social se relaciona à adaptabilidade, aptidão de comunicação, inteligência emocional e interação com outros humanos. Personalidade engloba pensamento holístico, responsabilidade pessoal, negociação, flexibilidade cognitiva, criatividade e liderança. Por fim, solução de problemas complexos, pensamento crítico, julgamento e tomada de decisão são características interdisciplinares do aspecto profissional.

Sima et al. (2020) registram que o trabalhador da I4.0 deve se familiarizar com as novas tecnologias, ser capaz de promover a interação entre homem-máquina e comprovar que possui um bom entendimento dos SCF, ou seja, exigindo competências cognitivas

avançadas (NOVAKOVA, 2020). Para suprir essa demanda, a preparação do trabalhador para I4.0 requer o desenvolvimento dessas competências.

O estudo da ACATECH (KAGERMANN, 2016) indica o papel do processamento de informação da I4.0 para uma adaptação rápida dos processos organizacionais. Essa tomada rápida de decisão realizada pelo trabalhador terá o suporte das tecnologias citadas, exigindo que os mesmos possuam as capacidades necessárias para trabalhar com informações e dados, o que o estudo chama de capacidade digital.

Müller (2019) registra a preocupação das organizações pela falta de qualificação dos trabalhadores para a I4.0. A formação dos profissionais ainda é tradicional, entretanto, as novas diretrizes da engenharia incorporam preocupação com o avanço da I4.0 e os currículos acadêmicos vêm sendo atualizados com os conceitos contemporâneos para que os trabalhadores sejam preparados para esse contexto (GOSWAMI e DAULTANI, 2021).

As competências técnicas e acadêmicas dos trabalhadores para a implementação da I4.0 abre espaço para parcerias entre organizações e instituições acadêmicas (VRCHOTA et al., 2019) que possibilitam uma adaptação contínua às rápidas mudanças (FERRARIO et al., 2019). A educação das tecnologias da I4.0 é um desafio que facilita a sua implementação (HARIHARASUDAN e KOT, 2018).

Um trabalhador com determinado desempenho deve obter um programa de desenvolvimento de competências apropriado para que possa contribuir para a organização (SIMA et al., 2020; WIBOWO et al., 2020), caso contrário, os trabalhadores com educação inferior estão expostos a maiores riscos (NOVAKOVA, 2020).

Sima et al. (2020) também descrevem a importância de se reavaliar os métodos de seleção dos trabalhadores, já que as descrições de funções devem reproduzir a nova demanda por trabalhadores criativos e com competências multidisciplinares.

O Quadro 2 apresenta as tendências propostas pela I4.0 e as respectivas competências (conhecimentos e experiências) necessárias dos trabalhadores encontrados na literatura.

Quadro 2 - Relação entre o contexto da I4.0 e as competências necessárias do trabalhador

(continua)

Contexto da I4.0	Competência do trabalhador	Autor
Mudanças na organização, no processo e no produto	Cultura de inovação e rápido aprendizado	SHAMIM et al., 2016
Big data	Conhecimento em estatística	VRCHOTA et al., 2019

Quadro 2 - Relação entre o contexto da I4.0 e as competências necessárias do trabalhador (conclusão)

Contexto da I4.0	Competência do trabalhador	Autor
Automação dos equipamentos	Conhecimento do processo	STOCK e SELIGER, 2016
Equipamentos inteligentes	Programação e software, além de saber operar esses equipamentos	BENOTSMANE et al., 2019
Colaboração trabalhador - robô	Conhecimento em segurança do trabalho e leis de proteção	BENOTSMANE et al., 2019
Complexidade da organização	Resolução de problemas e tomada de decisão	STOCK e SELIGER, 2016
Gestão do conhecimento	Comunicação para aprendizado em novos postos de trabalho	VRCHOTA et al., 2019
Integração das áreas da organização	Conhecimento do ciclo completo de desenvolvimento do produto	STOCK e SELIGER, 2016
Tomada de decisão baseada em dados	Capacidade digital e comunicação	KAGERMANN, 2016

Fonte: Produção do próprio autor.

A literatura indica a dimensão humana em instrumentos de análise de maturidade das organizações em I4.0 em relação ao uso das tecnologias da I4.0 (Quadro 3). Como exemplo, três instrumentos de análise de maturidade são apresentados: SENAI 4.0 (2021), Jerman et al. (2020) e Ustundag e Cevikcan (2017). Estas referências apresentam roteiros com questões e estudos que buscam identificar a maturidade das organizações em I4.0 nos aspectos humanos.

Quadro 3 - Abordagem dos instrumentos de maturidade em I4.0 da literatura e as dimensões dos aspectos humanos na I4.0

Dimensões do aspecto humano	SENAI (2021)	JERMAN et al. (2020)	USTUNDAG e CEVIKCAN (2017)
Gestores (Quem?)	X		
Trabalhadores (Quem?)	X	X	
Competências (O que?)	X	X	X (tecnológica)

Fonte: Produção do próprio autor.

O modelo de maturidade industrial proposto pelo SENAI (2021) se baseia no modelo desenvolvido pela ACATECH, que apresenta seis questões relacionadas com cultura e

pessoas. Destas questões, três abordam diretamente os aspectos humanos, como pode ser visto abaixo:

- Qual é o nível de conscientização da alta gerência e diretoria sobre a estratégia de requalificação dos profissionais da empresa nos próximos 2 anos?
- Os trabalhadores estão conscientes da necessidade de desenvolver continuamente suas habilidades e competências, em especial neste contexto da indústria 4.0?
- Quais qualificações seus trabalhadores precisarão no futuro?

O modelo do SENAI (2021) aborda de forma clara e direta a necessidade de uma mudança relacionada com o aspecto humano no que tange a implementação da I4.0, afirmando a necessidade de requalificação dos profissionais, desenvolvimento das competências e, por fim, as qualificações dos trabalhadores.

A segunda referência desenvolveu um modelo conceitual de competências chave para fábricas inteligentes nos processos de produção da indústria automobilística. Jerman et al. (2020) aplicou o método de entrevista semi-estruturada com as seguintes perguntas:

- De acordo com a interpretação dos participantes do estudo, que mudança é esperada nas competências dos trabalhadores que serão necessários no processo de produção em uma fábrica inteligente automotiva no futuro?
- Quais são as competências chave que os trabalhadores precisam desenvolver para que haja sucesso na implementação de fábricas inteligentes na indústria automotiva?

No total, foram doze participantes na pesquisa Jerman et al. (2020), sendo seis especialistas da indústria, três professores universitários e três especialistas políticos. Como resultado do estudo, as competências chaves identificadas por cada grupo foram:

- Acadêmicos: abertura para aprender e inovação e criatividade;
- Políticos: inovação, criatividade e conhecimento técnico;
- Industriais: habilidade interpessoais e flexibilidade/adaptação à mudança.

De acordo com Jerman et al. (2020), as limitações do estudo não estão relacionadas com a metodologia aplicada, mas sim com os vieses humanos na interpretação dos dados. Como melhorias, outras metodologias poderiam ter sido aplicadas a fim de reduzir os vieses do estudo. Como proposta para futuras pesquisas, é apresentada a possibilidade de se

realizar comparações e métricas na relação de cada uma das competências com a produtividade e inovação em I4.0.

Por fim, no livro do Ustundag e Cevikcan (2017) foram estabelecidas três questões relacionadas com recursos humano, todas relacionadas com dados e digitalização da atividade, como pode ser visto abaixo:

- Em quais áreas os dados são coletados e analisados?
- A sua empresa pode compartilhar dados em tempo real com os trabalhadores em campo?
- O treinamento dos trabalhadores pode ser realizado em ambiente virtual?

Como pode ser observado, as questões do Ustundag e Cevikcan (2017) abordam de forma funcional a digitalização das atividades do recursos humano, não apresentando questões relacionadas diretamente com o aspecto humano.

O aspecto humano nas ferramentas de diagnóstico de maturidade em I4.0 é pouco abordado e, muitas vezes, relacionadas com o uso das tecnologias.

2.3 AGENDA DA INDÚSTRIA 4.0 RELACIONADA AO TRABALHO, PROCESSOS E CONHECIMENTO

Muniz Jr. et al. (2022) discutem os desafios da gestão para apoiar a implementação da I4.0, que inclui revisão de treinamentos, avaliação de desempenho, perfil da equipe e flexibilidade organizacional. Os programas de RH precisam considerar as novas estratégias de treinamento, a fim de preparar os trabalhadores para atuar com as novas tecnologias. Vários pesquisadores citados abordam as competências técnicas e pessoais para os trabalhadores atuarem neste novo contexto, a saber: segurança da informação, capacidade de trabalhar sob pressão, criatividade para resolver problemas e competências de comunicação. Esta seção é fundamentada e resume o trabalho de Muniz Jr. et al. (2022).

A discussão das ações públicas brasileiras relacionadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU “Trabalho Decente e Crescimento Econômico” (ODS-8) e “Indústria, Inovação e Infraestrutura” (ODS-9) precisa estar alinhada com os ODS “Educação de Qualidade” (ODS-4) e “Parcerias e Meios de Implementação” (ODS-17). A Câmara da Indústria 4.0, por meio do Grupo de Trabalho 2 (Capital Humano), indica ações nesse sentido.

Universidades e organizações são responsáveis pelo desenvolvimento dos profissionais, porém, no Brasil, elas atuam de forma separada e independente. A mudança tecnológica traz desafios para o ensino, principalmente nas áreas de Engenharia. A implementação da I4.0 demanda uma agenda acadêmica e organizacional para preparar profissionais, professores e alunos aptos a trabalhar com essas tecnologias, aplicando-as na geração de renda e bem-estar social, destacando as dificuldades de implementação de novas tecnologias em economias emergentes.

O alinhamento entre a formação acadêmica e as necessidades do mercado desafia a universidade em diversas áreas, principalmente na Engenharia de Produção. A educação das novas gerações faz parte da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. O sistema de ensino brasileiro conta com 805 cursos de graduação em Engenharia de Produção (INEP, 2017) e 49 cursos de pós-graduação Stricto Sensu em Engenharia de Produção (CAPES, 2017).

A discussão neste capítulo demonstra a pertinência do tema proposto quanto ao desenvolvimento de RH face ao risco de perda e retenção de conhecimento, comum em cenários de despedimento e reforma, e a identificação de competências úteis à prática profissional para melhor alinhar a formação acadâmica com a prática profissional, através da definição de um perfil profissional baseado em competências, áreas de conhecimento e funções face à implementação do I4.0.

A I4.0 exige novos métodos educativos (ODS-4) que apoiem a transformação digital e facilitem o desenvolvimento das competências dos trabalhadores necessárias neste contexto, que podem ser estimuladas com recursos e estratégias de aprendizagem ativa previstas nas novas orientações para a área das engenharias.

Fatores importantes para a implantação do I4.0 podem ser favorecidos pela gestão do conhecimento e gestão de pessoas, que se preocupam com suporte gerencial e liderança, cultura, tecnologia da informação e comunicação, estratégia e objetivo, mensuração, infraestrutura organizacional, processos e atividades, incentivos motivacionais, formação e características pessoais. Esses desafios se impõem para uma nova manufatura, ou seja, uma nova relação entre tecnologia e trabalhador.

Já o Brasil atua de forma diferente de países como Canadá (OTTONICAR et al., 2019), China (HONG e MUNIZ JR., 2022), Suécia e Reino Unido, e indica: pouco foco, prioridade e alocação de recursos; diálogo e colaboração público-privado modestos; pouco apoio a projetos de alto impacto econômico, tecnológico e social; e pouca credibilidade no cenário internacional. Embora as ações brasileiras oficiais publicadas indiquem uma agenda

para implementar o I4.0, por meio do trabalho e crescimento econômico (ODS-8), construção de infraestrutura para promover a industrialização e inovação (ODS-9), a necessidade de novos métodos educacionais (ODS-4) e parcerias e meios de implementação (ODS-17), se deparam com a realidade de perda crescente de competitividade (FAPESP, 2022), parque fabril com pouca maturidade para o I4.0 (SENAI, 2019) e política e crise econômica resultando em redução de investimentos em Ciência e Tecnologia e em Universidades Públicas. No entanto, são identificadas iniciativas lideradas pelas próprias organizações privadas.

Registra-se a oportunidade de pesquisas sobre os impactos do I4.0 sobre os trabalhadores, comparando RH e fatores de produção, além de avaliar como outros países estão se ajustando à implantação do I5.0 (IJPR, 2022), para assim contribuir com o desenvolvimento social e industrial nacional.

2.4 SÍNTESE DO PANORAMA TEÓRICO

As tecnologias da I4.0 formam sistemas complexos e interligados, regidos pelos SCF, demandando trabalhadores com competências para atuar nesse contexto. As principais vantagens com a implementação da I4.0 são: aumento da produtividade, flexibilidade e redução dos custos. Por outro lado, as desvantagens são: redução da criatividade com a automação de máquinas e desaparecimento do capital humano da tecnologia e aumento da taxa de desemprego. A literatura identifica que a falta de competência dos trabalhadores pode servir de obstáculo nessa transformação, além da barreira associada com a aceitação do trabalhador, uma vez que não identifica a sua importância nessa mudança.

Sima et al. (2020) registram que o trabalhador da I4.0 deve se familiarizar com as novas tecnologias, ser capaz de promover a interação entre homem-máquina e comprovar que possui um bom entendimento dos SCF. Müller (2019) registra a preocupação das organizações pela falta de qualificação dos trabalhadores para a I4.0, com isso, eles devem obter um programa de desenvolvimento de competências apropriado para que possam contribuir para a organização.

Já se discute os desafios da gestão para apoiar a implementação da I4.0 que incluem a revisão de treinamento, a avaliação de desempenho, o perfil da equipe e a flexibilidade organizacional. Existem também ações públicas brasileiras relacionadas aos ODS que suportam a transformação, porém há demanda por uma agenda acadêmica e organizacional para preparar profissionais, professores e alunos para trabalhar com as tecnologias da I4.0.

Fato é que toda essa transformação expõe os riscos de perda e retenção de conhecimento, reforçando ainda mais a importância de estudos relacionados com a gestão do conhecimento.

3 ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

Esta pesquisa emprega o enfoque qualitativo que possibilita entender os significados que as pessoas constroem sobre o mundo (BERNARDES et al., 2019). O principal desafio nas pesquisas qualitativas é definir padrões de avaliação associados com a confiabilidade e validade da pesquisa. No quesito confiabilidade, é necessário garantir que exista um procedimento metodológico para a definição das etapas, além de garantir uma coincidência nessas etapas quando reproduzidas. Para a validade, é necessário garantir a comparabilidade do estudo e traduzir corretamente, por meio de uma interpretação consistente, os dados coletados.

A estratégia metodológica adotada para esta pesquisa é apresentada no Quadro 4 com as três principais etapas.

Quadro 4 - Estratégia metodológica da pesquisa

A) Fundamentação teórica	B) Delineamento do trabalho de campo	C) Realização do trabalho de campo
A.1) Realização da revisão teórica	B.1) Contexto de estudo	C.1) Realização do pré-teste
	B.2) Construção do roteiro com questões	C.2) Seleção dos entrevistados
A.2) Discutir as competências necessárias dos trabalhadores do setor automotivo para atuar em linhas de montagem automotiva com tecnologias da I4.0		C.3) Realização das entrevistas
		C.4) Tratamento dos dados (Resposta versus códigos)

Fonte: Produção do próprio autor.

De maneira resumida, abaixo encontra-se a descrição das etapas:

- Fundamentação teórica (A.1) discute o tema de estudo e fundamenta o objetivo de pesquisa (A.2);
- Delineamento do trabalho de campo apresenta o contexto de estudo (CSM) (B.1) e a construção do roteiro com as questões (B.2);
- Realização do trabalho de campo, registra todo o procedimento para a realização do pré-teste e da entrevista (C.1, C.2 e C.3), além de toda a análise dos dados coletados (C.4).

3.1 REVISÃO TEÓRICA (ETAPA A.1)

O panorama teórico inclui discussão sobre os aspectos humanos necessários para a implementação da I4.0, mais especificamente nas perspectivas do Trabalho, Processos e Conhecimento. Neste contexto, o comportamento humano possui um grande efeito e não pode ser negligenciado. A revisão teórica dos artigos se baseia nos Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análise (PRISMA), principalmente no fluxograma de informação de uma revisão sistemática (MOHER et al., 2010). Deste modo, a revisão teórica seguiu as seguintes etapas: identificação, seleção e elegibilidade.

Na etapa de identificação, com base no tema da pesquisa, foram selecionados 3 grupos de tópicos para iniciar a busca, sendo:

- palavras-chaves relacionadas com a I4.0: "industr* 4.0" OR "manufactur* of the future" or "future manufactur*" OR "advanced manufactur* technolog*" OR "smart* factor*" OR "digitalizat*" OR "smart* manufactur*”;
- palavras-chave relacionadas com as competências do trabalhador: Human* OR Competenc* OR Skill OR Social* OR Qualific* OR Job* OR Employ* OR Work*;
- palavras-chaves relacionados com o setor automotivo: automot* OR vehicl*.

Após a busca nos bancos de dados dos tópicos acima, foi iniciada a etapa de seleção baseada em três critérios de seleção: o primeiro relacionado com o tipo de documento, considerando apenas artigos e revisões, o segundo considerando categorias relacionadas com engenharia, negócios, gerenciamento e ciências sociais e o terceiro critério selecionando apenas documentos na língua inglesa.

A última etapa, elegibilidade, foi feita a partir da leitura do título do documento e do seu resumo, buscando uma aderência ao tema da pesquisa. Como banco de dados da pesquisa, foram utilizadas duas plataformas para acessar os documentos, a Web of Science e a Scopus. No Quadro 5, é possível identificar o passo-a-passo da revisão teórica da pesquisa.

Quadro 5 - Revisão teórica

Plataforma	Web of Science	Scopus
Tópicos pesquisados (Identificação)	"industr* 4.0" OR "manufactur* of the future" or "future manufactur*" OR "advanced manufactur* technolog*" OR "smart* factor*" OR "digitalizat*" OR "smart* manufactur*“ AND Human* OR Competenc* OR Skill OR Social* OR Qualific* OR Job* OR Employ* OR Work* AND automot* OR vehicl*	
Resultados de documentos	453	897
Tipo de documento (1º critério de exclusão)	Article AND Review Article	Final AND Article AND Review
Resultados de documentos	258	304
Categorias (2º critério de exclusão)	Engineering Manufacturing OR Management OR Engineering Industrial OR Business OR Operations Research Management Science OR Industrial Relations Labor OR Social Science Interdisciplinary OR Education Educational Research OR Social Issues	Engineering OR Business, Management and Accounting OR Social Science
Resultados de documentos	93	265
Idioma (3º critério de exclusão)	Inglês	Inglês
Resultados de documentos	91	242
Elegibilidade por Título e Resumo (4º critério de exclusão)	33	50 (15 comuns)
Total de documentos da revisão teórica	68	

Fonte: Adaptado de Moher et al. (2010).

3.2 CONTEXTO DE ESTUDO (ETAPA B.1)

O trabalho de campo se passa na indústria automotiva, mais especificamente nas linhas de montagem do CM, montadora de veículos comerciais da VWCO em Resende, Brasil. O CM foi inaugurado em 1996 e é apresentado como um grande desenvolvimento na montagem de veículos. O diferencial desse sistema de produção está no relacionamento entre a montadora, no caso a VWCO, e seus fornecedores de componentes, os módulos, que

se envolvem em uma *joint venture* para estabelecer um “sistema modular” de produção. Nesse sistema, os módulos organizam a montagem de seus componentes no CM. Assim, poucos trabalhadores da produção são contratados pela montadora, cuja principal função no processo é coordenar a produção e comercializar os veículos montados (MUNIZ JR et al., 2021).

O CM trabalha com oito módulos que interagem diretamente na linha de montagem, dividindo espaço físico, responsabilidades e controle de qualidade. O CM pertence à VWCO, sendo a responsável pelo desenvolvimento de projetos, engenharia industrial e atividades indiretas, além de deter todos os ativos das linhas de montagem, porém não participa com trabalhadores diretos. A responsabilidade de cada módulo é a gestão das atividades diretas necessárias para a montagem dos componentes no produto final (MUNIZ JR et al., 2021).

A pesquisa se concentra na CSM do CM, que inclui: MWM, fabricante de motores; Powertrain, módulo responsável pela montagem dos motores no CM; VWCO, montadora responsável pela CM.

3.3 CONSTRUÇÃO DO ROTEIRO (ETAPA B.2)

A coleta de dados é baseada em entrevistas semiestruturadas com um roteiro de perguntas pré-estabelecido, que permite o melhor entendimento dos entrevistados e inclusão e exclusão de questões dentro dos parâmetros da pesquisa. As vantagens de se adotar entrevistas como instrumento de coleta de dados para essa pesquisa são: foco no assunto pesquisado, obtenção de informações além do esperado e possibilidade de avaliar o comportamento do entrevistado. Por outro lado, as limitações são: influência nas respostas, como a reflexibilidade do pesquisador, e limitação de informação por receio da garantia do anonimato (MUNIZ JR et al., 2007). Tendo em vista que nenhuma entrevista pode ser considerada ideal, a maximização das vantagens e minimização das limitações demanda foco na definição do grupo focal, pré-teste e observação.

A construção do instrumento de coleta de dados (roteiro) foi baseada nas perguntas e oportunidades de pesquisa indicadas na literatura, são elas:

- Quais desafios as indústrias enfrentam para implementar a I4.0 (PRINZ, 2016)?
- Como os gestores lidam com a implantação da I4.0 (UHLEMAN et al., 2017; STROHMEIER, 2020)?

- Como a I4.0 afetará as estações de trabalho (SHAMIM et al., 2016; BAENA, 2017)?
- Como a I4.0 afeta os trabalhadores (JERMAN et al., 2020)?
- Quais (re) qualificações os trabalhadores necessitam para trabalhar na I4.0 (JERMAN et al., 2020)?
- Como a gestão do conhecimento influencia a I4.0 (EROL et al., 2016; KIPPER et al., 2020)?

Com base nas perguntas e oportunidades de pesquisa indicadas na literatura, foram definidas questões para investigar os impactos da implementação da I4.0 nas questões referentes à organização (O) e ao trabalhador (T). Associando esses conjuntos com as perspectivas estudadas, pode-se considerar as questões referentes ao trabalhador como perspectiva do trabalho e questões referentes à organização como perspectiva do processo. A perspectiva do conhecimento está presente em ambos os conjuntos de questões.

As perguntas do nível organizacional são:

- (O1) O que você vê como principais desafios e oportunidades para a sua organização na transformação para Indústria 4.0 (I4.0)?
- (O2) De que forma a sua organização está trabalhando para enfrentar esses desafios e oportunidades?
- (O3) Como você descreveria (em suas próprias palavras) seu nível de maturidade em I4.0?
- (O4) De que forma e em que medida os trabalhadores e seus representantes estão envolvidos no desenvolvimento e implementação de novas tecnologias da I4.0 na sua organização?
- (O5) Eles participam da tomada de decisão no nível superior em relação às mudanças tecnológicas/investimentos? Se sim, como?
- (O6) Você vê alguma mudança na(s) estrutura(s) da organização como resultado da transformação para I4.0?
- (O7) A transformação para I4.0 leva a alguma mudança dos objetivos de desempenho das operações existentes? Você introduziu novos objetivos de desempenho especificamente para a transformação para I4.0?
- (O8) Você vê alguma mudança em seus processos operacionais? Por exemplo, processos de pesquisa e desenvolvimento, gestão da cadeia de suprimentos, produção e entrega, serviço e suporte, descarte e reciclagem, etc.

- (O9) A transformação para I4.0 introduz novas formas de melhoria contínua e garantia de qualidade?

As perguntas relativas ao trabalhador para atuar na I4.0 são:

- (T1) De que forma a I4.0 afetará os trabalhadores e suas tarefas?
- (T2) Você acredita que aumentará ou diminuirá os níveis de tomada de decisão e autonomia do trabalhador? Como?
- (T3) Em que medida você acredita que as competências e qualificações atuais dos trabalhadores são consistentes com as mudanças no local de trabalho?
- (T4) Quais desafios potenciais (se houver) você vê no futuro em termos de competências do trabalhador?
- (T5) Em que medida os trabalhadores (ou seus representantes) participam formalmente do processo de transformação para I4.0?
- (T6) De que forma e em que medida a voz dos colaboradores é levada em consideração no processo de transformação para I4.0?

Incluiu-se uma questão exploratória adicional ao fim do roteiro:

- (I1) Como você lida com as interações entre as mudanças nos dois níveis acima? Você pode fornecer um exemplo bem sucedido e um menos bem sucedido?

3.4 PRÉ-TESTE DA PESQUISA (ETAPA C.1)

A etapa de pré-teste (C.1) buscou avaliar a aderência do roteiro das entrevistas com o objetivo da pesquisa, além de garantir que todo o método de gravação e transcrição das entrevistas estavam funcionando conforme planejado. De acordo com as respostas obtidas, foi possível definir o perfil dos entrevistados, cuja seleção deve permitir compreender a tendência que as organizações estão seguindo e as expectativas relacionadas com o trabalho em um cenário de implementação da I4.0. Os dados coletados durante o pré-teste possibilitaram identificar padrões recorrentes, confirmando a estratégia adotada para construir um modelo conceitual robusto do contexto.

3.5 SELEÇÃO DOS ENTREVISTADOS (ETAPA C.2)

Com a intenção de abordar de forma representativa grande parte da CSM no contexto gerencial, foram convidados os principais agentes em I4.0 de cada organização da CSM para participarem das entrevistas (Quadro 6).

Quadro 6 - Perfil profissional dos entrevistados

Organização	Função	Abreviação	Experiência
MWM	Gerente de Qualidade, Manufatura e Lean	GQML	Graduação em Engenharia Mecânica de Produção, Mestre em Engenharia Automobilística e MBA. Vinte e um anos de experiência profissional, sendo todos na MWM.
Powertrain	Gerente Industrial	GI	Graduação em Administração e Pós Graduação em Gestão Industrial. Trinta anos de experiência profissional, sendo vinte e cinco anos na Powertrain
VWCO	Gerente Executivo Engenharia Industrial e Manutenção	GEEIM	Graduação e Mestre em Engenharia e MBA. Trinta e um anos de experiência profissional, sendo vinte e seis anos na VWCO.
VWCO	Gerente Executivo de Organização e Recursos Humanos	GEORH	Graduação em Administração e Pós Graduação em RH e Gestão de Negócios. Vinte e um anos de experiência profissional, sendo todos na VWCO.

Fonte: Produção do próprio autor.

3.6 REALIZAÇÃO DAS ENTREVISTAS (ETAPA C.3)

Para a realização das entrevistas, foi agendado um encontro virtual de uma hora via Google Meeting com cada um dos entrevistados e o roteiro com as questões foi disponibilizado com antecedência para que eles pudessem se preparar. Os primeiros cinco minutos do encontro foram utilizados para apresentação do estudo e, em seguida, realizadas as questões. As entrevistas foram gravadas em áudio e transcritas pelo *plugin* instalado na plataforma do Google Meeting.

3.7 TRATAMENTO DOS DADOS (ETAPA C.4)

As entrevistas foram gravadas e transcritas, os resultados foram analisados seguindo Análise de Conteúdo (GRANEHEIM e LUNDMAN, 2004) (Quadro 7). As técnicas de

Análise de Conteúdo são sistemáticas e replicáveis para compactar muitas palavras das entrevistas em categorias de conteúdo menores com base em regras explícitas de codificação de abordagem qualitativa (STEMLER, 2000).

Quadro 7 - Exemplo de Análise de Conteúdo

Resposta	Resposta condensada	Código
O desafio realmente é o recurso humano, pois a tecnologia já está disponível. Existem fornecedores que vão te fornecer essas tecnologias caso queira implementar, sem dificuldades. (GEEIM)	O desafio realmente é o recurso humano	Recursos Humanos

Fonte: Adaptado de Graneheim e Lundman (2004).

4 ANÁLISE DAS ENTREVISTAS

Nesta seção serão apresentados os resultados das entrevistas, após análises de conteúdo, organizados nas perspectivas do Trabalho, Processo e Conhecimento. É importante ressaltar que alguns termos expressos nas respostas podem estar sem conceito e, para evitar futuras confusões, recomenda-se a leitura da seção 2 de panorama teórico para maiores esclarecimentos (ex. habilidades e competências). O tratamento das respostas completas dos roteiros de cada entrevista encontra-se no Apêndice A.

4.1 PERSPECTIVA DO TRABALHO

Para os entrevistados, a transformação para a I4.0 afetará os trabalhadores e suas tarefas. Os entrevistados destacam a importância do desenvolvimento de recursos humanos para a implantação da I4.0. A literatura recente aponta a importância de estudos sobre as ações de RH na implantação da I4.0 (SIMA et al., 2020; WIBOWO et al., 2020).

... o desafio realmente é o recurso humano... [GEEIM]

... como o capital humano irá se adequar aos novos métodos e tecnologias que surgem com o avanço dessa tecnologia? Os profissionais que atuam hoje nas funções fabris terão que se adequar às novas tecnologias e, por isso, as organizações devem estar atentas a todas as tendências e dar o suporte adequado aos colaboradores. Nesse ponto, é importante também que as organizações avaliem de maneira planejada as novas contratações tendo foco em profissionais adequados e com alguma experiência para serem, até mesmo, multiplicadores dessas tendências para os demais colaboradores. [GI]

Entre as consequências da implementação da I4.0, os entrevistados ressaltam a redução de tarefas manuais e repetitivas por meio da automatização das tarefas rotineiras (ex. *robot process automation*) (TROTTA e GARENGO, 2018; RIMINUCCI, 2018; NOVAKOVA, 2020; SIMA et al., 2020).

... tem muita gente fazendo atividade operacional que podia ser facilmente automatizado (RPA), então a gente está trabalhando para ter mais robotização e liberar recursos para trabalhar em outras frentes [de tecnologia da I4.0]. [GEORH]

Os entrevistados indicam a responsabilidade do trabalhador para se adaptar a essa transformação, mas é importante que a organização dê todo o suporte. Sima et al. (2020) e Wibowo et al. (2020) afirmam que o trabalhador deve obter um programa de desenvolvimento de competências apropriado para que possa dar uma contribuição ideal para a organização na transformação para I4.0.

O GI reforça a importância da preparação do trabalhadores para extrair ao máximo as oportunidades trazidas pela I4.0.

> *... é importante que os colaboradores estejam preparados para extrair o máximo dessas tecnologias. [GI]*

As competências e qualificações atuais dos trabalhadores não são consistentes com as necessidades geradas pela implementação da I4.0, entretanto o uso de novas tecnologias da I4.0 determinará quais competências o trabalhador deverá desenvolver. Esse desenvolvimento dependerá não somente da organização, mas também da iniciativa do trabalhador e da gestão.

> *... é importante que os trabalhadores vão atrás e se sintam estimulados [a se desenvolver]. Treinamento e qualificação não é só a empresa que deve fornecer, a empresa deve criar o ambiente e as pessoas devem criar o interesse. Essa mudança tem muita responsabilidade da gestão, da empresa e também do trabalhador, pois tem que entender que se ele não fizer, daqui um tempo pode estar fora do mercado. [GQML]*

> *De forma geral, eu acho que não são consistentes, porque muitas pessoas não entendem direito e não fazem parte da estrutura da indústria 4.0. Aqui na empresa, criamos um treinamento e-learning sobre indústria 4.0 que todos fizeram, especialmente os operadores, pois no começo tinha muito aquela questão que a indústria 4.0 vai substituir o homem, então quebramos esse paradigma. [GQML]*

> *... as pessoas vão se qualificando e se preparando, dia após dia, para as mudanças que vem acontecendo... [GEEIM]*

> *... as competências e qualificações dos trabalhadores são alteradas à medida da necessidade... [o trabalhador] deve estar sempre atento às mudanças e também se*

preparar para as mudanças em seu local de trabalho, pois estar preparado pode significar uma vantagem competitiva, alinhando engajamento, crescimento profissional e proatividade. [GI]

A consequência das competências dos trabalhadores não serem consistentes com as mudanças no local de trabalho tornam-se desafios. O primeiro desafio é aceitar essa transformação (MÜLLER, 2019; JERMAN et al., 2020) e, na sequência, desenvolver competências analíticas e multidisciplinares para trabalhar com uma enorme quantidade de dados que orientem as tomadas de decisão.

Considerando os trabalhadores administrativos, deve-se incitar o conhecimento em software, programação, matemática aplicada e estatística, bem como as competências de *soft skills*. Já na esfera dos trabalhadores das operações, tem-se a preocupação também com o conhecimento de software, mas é a gestão do conhecimento que se coloca como um grande desafio.

... mudança de mindset, cabeça aberta para poder realmente receber essas mudanças e alterações de tecnologia… [GEEIM]

... essas mudanças demandam profissionais mais voltados para análises e tomadas de decisão, alinhando os conhecimentos e competências necessárias para os processos da indústria 4.0. Então, não é só o desenvolvimento técnico, o trabalhador tem que estar preparado e ter essa visão mais analítica das coisas. [GI]

Desafio potencial é o conhecimento em programação, software, estatística e matemática aplicada. Outro desafio é a questão do conhecimento tácito, por exemplo um trabalhador que conhece muito de motor e que trabalha a vida inteira com isso. Ele já está com uma idade que não vai querer se modernizar, porém está vindo um trabalhador novo, como você vai passar esse conhecimento? [GQML]

Há aderência das descobertas com a literatura analisada, haja visto que Jerman et al. (2020) ressaltam que as principais competências são: conhecimento de softwares, inovação e criatividade, abertura ao aprendizado, aceitação e capacidade de se adaptar a mudanças, além de *soft skills*.

Os entrevistados avaliam que o nível de tomada de decisão dos trabalhadores mudará

com a implementação da I4.0, exigindo maior competência analítica para avaliar as informações disponíveis de cada situação. Como consequência, o nível de autonomia do trabalhador tende a aumentar.

... os trabalhadores devem estar preparados para essas tomadas de decisão adequadas a cada nível hierárquico, pois a tendência é que com implementação desses métodos e com mais informação disponível seja necessário tomar decisões ainda mais assertivas... [GI]

Se vai automatizando a fábrica, o trabalhador terá muito mais contato com várias informações e vai ter que estar muito mais preparado para receber essas informações e tomar decisão com senso crítico. [GQML]

Há o envolvimento dos engenheiros no desenvolvimento e implementação das novas tecnologias da I4.0, por meio do conhecimento técnico e da participação na tomada de decisão. O GEORH acrescentou que eles são a fonte de iniciativa dessas novas tecnologias dentro da organização.

... a nível de engenheiro é totalmente [envolvido]... eles trazem informação através da técnica... opinam e participam ativamente desse processo de tomada de decisão... [GEEIM]

Na engenharia de processo há bastante envolvimento... No chão de fábrica é baixíssima a tomada de decisão, mas o nível técnico sim, porque é ele que vai apresentar a tecnologia, mas também depende da gestão. [GQML]

Já o envolvimento dos trabalhadores das operações é baixo e sob demanda. Quando acontece, somente como fonte de informação, haja visto que são usuários da tecnologia. No mesmo sentido e, consequentemente, eles não participam da tomada de decisão.

Quando a gente fala chão de fábrica [o envolvimento] é quase nada, eles são mais usuários e são envolvidos para coletar informação para o desenvolvimento... [GQML]

Não são os operadores que decidem e estudam o que implementar... [GEEIM]

Apesar de conhecerem a importância da inclusão dos trabalhadores das operações no processo de implantação de novas tecnologias da I4.0, observa-se que o envolvimento no CM é baixo. Entretanto, a fornecedora de motores reforça que existe a necessidade de envolvimento do trabalhador e de transparência na comunicação durante a implementação de novas tecnologias (MÜLLER, 2019).

Quando o trabalhador está fazendo parte da discussão, ele vai ficar mais ainda empolgado. Por exemplo, na implementação do robô autônomo de abastecimento, os operadores foram envolvidos, porque olhavam a tecnologia e achavam que iriam perder o emprego, mas na verdade seriam realocados. Então é uma preocupação que você tem que ter, quando põe a tecnologia para substituir alguma atividade, tem que ser bem transparente, mostrando qual é o objetivo daquela iniciativa e qual é o resultado que se espera com essa iniciativa. Na implementação da tecnologia a gente busca envolver todas as pessoas para garantir aquela experiência do usuário, afinal quem vai acabar usando são eles, ajudando a se sentir parte do processo. [GQML]

As organizações da CSM analisadas estão passando por mudanças estruturais devido à transformação para I4.0 e tem necessitado novas funções para os trabalhadores, por exemplo tomada de decisão baseada em dados e conhecimento de eletrônica para lidar com as novas tecnologias. Os entrevistados acreditam na necessidade de revisão das descrições de funções.

Eu vejo que essa mudança está na preparação dos próprios colaboradores para se adaptarem a essas tendências ou tecnologias. [GI]

Temos um exemplo na Engenharia que, quando se abre uma vaga nova de engenheiro de chassis, por exemplo, faz-se um trabalho para justificar se realmente precisa dessa especialidade ou de um trabalhador da área de eletrônica, por exemplo. [GEORH]

... o trabalhador da engenharia e qualidade terão que pensar diferente, trabalhando com novas tecnologias, como o Big Data. [GQML]

Quando se tem uma linha mais automatizada, o nível dos manutentores mudam.

Realmente não é mais um mecânico que só bate o martelo e coloca uma chave de fenda. [GEEIM]

4.2 PERSPECTIVA DO PROCESSO

Os entrevistados indicam como benefícios da I4.0 a customização em massa, por meio da produção de maior variedade de produtos em volumes menores na mesma linha de produção, a redução da complexidade das operações e os ganhos de eficiência e qualidade. Estes benefícios impactam na competitividade organizacional (NOVAKOVA, 2020).

... a indústria 4.0 proporciona [contribui] para a manufatura a customização em massa… [GEEIM]

Pode-se comoditizar a complexidade. [GEORH]

... a principal vantagem competitiva que as organizações podem ter são os ganhos de produtividade, qualidade e a redução de custos com retrabalhos . [GI]

... a realidade virtual mudou totalmente a Planta Piloto… onde antes se faziam análises de montabilidade, acessibilidade e ergonomia de um novo produto só em veículos físicos [protótipos], hoje é tudo virtual. As análises virtuais são bem melhores do que as feitas fisicamente, sendo muito mais detalhadas… [GEEIM]

Também é citado o benefício do compartilhamento de dados de produção e operação dos veículos durante seu ciclo de vida para o desenvolvimento de novos produtos.

... temos uma vocação muito grande de Tailor Made e acho que agora a gente pode, com a indústria 4.0, ter finalmente a customização em massa… o caminhão é um grande IoT e carrega muita informação [durante seu ciclo de vida]. Então essa informação pode ser armazenada e utilizada para o contrato de manutenção, rastreabilidade do quanto você gasta de garantia, do próprio perfil do condutor e a região onde ele está. [GEORH]

Os entrevistados GEORH e GQML indicam a importância de se disseminar o tema na organização e priorizá-lo nas estratégias corporativas, o que inclui considerar investimentos

que atendam a I4.0 e não concorram com as iniciativas em curso nas organizações.

> *... se precisarmos fazer uma onda de investimento pesado na linha de produção para a indústria 4.0, essa importância competirá com a importância de se continuar investindo na linha de produto atual... como é que se compete para ganhar esse grau de prioridade nos investimentos da empresa? [GEORH]*

> *O desafio eu acho que é disseminar o que é a indústria 4.0. Então ela tem que estar dentro de uma estratégia corporativa uma vez que está se desenvolvendo para gerar competitividade. [GQML]*

O nível de importância adotado para o tema reflete diretamente no nível de maturidade em I4.0 das organizações da cadeia em questão. No momento, a fornecedora de motores possui maior número de iniciativas de I4.0 implantadas. Os principais motivos dessa maturidade são: a presença de um comitê gerencial específico para a I4.0, a definição de um roteiro tecnológico (*roadmap*) para implantação das tecnologias habilitadoras, uso de projetos piloto por tecnologia (*proof of concept*) e a integração da implementação da I4.0 com o Lean Manufacturing, evitando automatizar desperdícios.

> *Iniciamos em 2018 criando um comitê da indústria 4.0 para mapear as tecnologias e as iniciativas que as áreas estavam fazendo, pois às vezes tem iniciativas muito departamentais, trabalhando em silos, e quando se fala de conectividade e integração não se pode trabalhar em silos. Em seguida, fizemos um Roadmap e definimos as principais tecnologias habilitadoras e começamos a desenvolvê-las (implantá-las). Sempre usamos o conceito de Proof of Concept para começar a testar a tecnologia e ver se funciona no ambiente de indústria, aplicando em um ponto e depois gerando escalabilidade até virar sistêmica. [GQML]*

Os entrevistados dizem que há mudança nos objetivos das organizações para a transformação para I4.0, mas como consequência e não de forma proposital. Por exemplo, aumento de eficiência, promovido por uma nova tecnologia, e aumento da oferta de serviços digitais conectados para veículos. Entretanto, todos os objetivos focando ainda no aumento da receita da organização e manutenção da competitividade.

Nós não temos um KPI para indústria 4.0 (gerenciar a implantação), pois acaba sendo consequência quando se acompanha a implementação das tecnologias habilitadoras. [GQML]

Sim, mas (revisão dos objetivos) não é propositalmente ... se olha para o dinheiro [receita]. [GEORH]

O GQML acrescentou que os objetivos não devem focar exclusivamente nas tecnologias da I4.0, mas também na organização.

Sempre se foca mais na tecnologia, mas precisa focar em cultura e estrutura da organização também. [GQML]

Todos os entrevistados identificam mudanças nos processos operacionais, mesmo com iniciativas isoladas, que proporcionam novas oportunidades e melhorias de eficiência.

A transformação para a indústria 4.0 introduz novas formas de melhoria contínua e garantia de qualidade, mas tudo depende de como elas serão introduzidas e levando em consideração o nível de necessidade de aplicação. [GI]

... eu olho a indústria 4.0 no ciclo de vida do produto, então sempre terá um GAP para ser preenchido com alguma tecnologia, especialmente em pesquisa e desenvolvimento, pensando em inovação, e cadeia de suprimentos, tornando a empresa mais ágil. [GQML]

4.3 PERSPECTIVA DO CONHECIMENTO

Há consenso entre os entrevistados da CSM sobre a necessidade de maior conhecimento sobre a I4.0, por meio do conhecimento elementar, aprendizagem contínua e atenção às novas tecnologias. Os entrevistados GEEIM e GI indicam que os novos projetos têm permitido a implantação de novas tecnologias.

... um grande dilema da indústria 4.0 é o que é Buzzword e o que é indústria 4.0? [GEORH]

... você tem que estar com a equipe engajada, olhando para essas novas tendências o tempo todo e aproveitando esses momentos de mudança na linha, de implementação de novos produtos, para você encaixar [as novas tecnologias]... [GEEIM]

... as nossas ações são planejadas e implementadas à medida que se tornam necessárias, sempre buscando a otimização dos custos... e nada de ter um avanço muito mais rápido daquilo que é [realmente] o necessário para o momento. [GI]

O capital humano é de extrema importância para contribuir com a implementação da I4.0. Haverá a necessidade de treinamento, já que as tarefas administrativas rotineiras serão substituídas por automatização de processos por robôs. Com a eliminação de tarefas rotineiras, a demanda por capacidade de inovação aumentará, além do desafio na gestão do conhecimento, visto que as tarefas eliminadas podem levar consigo o conhecimento.

A tecnologia em si te dá uma oportunidade, mas se não tiver o capital humano trabalhando da forma correta para usar aquela tecnologia da melhor forma possível não funcionará e as competências têm que estar muito interligadas para que isso aconteça. [GI]

... vai exigir muito mais criação também, pois vai deixar de fazer trabalho rotineiro que você consegue automatizar. [GEORH]

... engenheiros de planejamento de manufatura, que fazem análise de produto e processo, necessitam ter um conhecimento maior não só em ferramentas, mas também competências para trabalhar em equipe... [GEEIM]

4.4 SÍNTESE DA ANÁLISE DOS RESULTADOS

A perspectiva do Processo indica que há expectativas de benefícios com a implementação da I4.0, como: competitividade organizacional, por meio da customização em massa, redução da complexidade das operações e ganhos de eficiência e qualidade. É importante que se dissemine o tema na organização e o priorize nas estratégias corporativas.

A perspectiva do Trabalho indica que a transformação para a I4.0 afetará os trabalhadores e suas tarefas por meio da redução de tarefas manuais e repetitivas. O sucesso

da implantação da I4.0 está atrelado ao desenvolvimento de recursos humanos.

As competências e qualificações atuais dos trabalhadores não atendem às necessidades da I4.0 e para cada tecnologia há *soft* e *hard skills* específicas. A consequência das competências dos trabalhadores não serem consistentes com as mudanças no local de trabalho indicam desafios para lidar com esse processo no âmbito organizacional e público (MUNIZ et al., 2022), como empregabilidade, relação empresa e sindicato e o amadurecimento da Gestão de Recursos Humanos (GRH).

Os trabalhadores necessitam de conhecimento em software, programação, matemática aplicada e estatística, bem como as competências de *soft skills*. As entrevistas indicam que a preparação e adaptação para I4.0 devam ser de responsabilidade do trabalhador com o suporte da organização, através de ações de desenvolvimento de competências e empregabilidade.

> *... os trabalhadores terão que se adequar às novas tecnologias e métodos que irão surgir com a implementação de processos ligados à indústria 4.0... tanto os trabalhadores quanto a organização devem se preparar para estarem abertos e absorver ao máximo os conhecimentos e habilidades necessárias. Quando as pessoas enxergam quais são as tendências e a organização deixa tudo isso mais claro, traz bons frutos para as organizações. [GI]*

A perspectiva do Conhecimento indica a importância do compartilhamento do conhecimento sobre a I4.0, a necessidade de aprendizagem contínua e atenção às novas tecnologias. O capital humano mantêm sua importância seja na implementação da I4.0 ou na sua rotina de operação e melhoria. Com a eliminação das tarefas rotineiras, fica o desafio de não perder o conhecimento incorporado nelas hoje.

Sobre as lições aprendidas com as implantações de I4.0, os entrevistados resumem a importância do desenvolvimento de competência dos trabalhadores, atenção à gestão do conhecimento, envolvimento do trabalhador na implementação de novas tecnologias e mecanismos de retenção dos trabalhadores qualificados.

> *... um projeto de digitalização não entregou resultado, somente promessas. Eu acho que o motivo é ter faltado competência de soft skills do profissional. [GEORH]*

> *... processo online de folhas de processo via sistema que foi desenvolvido por um*

colaborador mas que não passou por um processo robusto de implementação. Quando esse colaborador saiu da organização, perdeu-se o Know How. [GI]

Um exemplo não tão bem sucedido no início foi a implementação de um robô autônomo móvel para abastecimento de linha que no começo dava muito erro e os operadores não acreditavam na funcionalidade, além do ciúmes do robô fazer a atividade deles. Foi pensado em até cancelar a iniciativa, mas persistimos. Para suprir esse desafio, envolvemos mais os operadores, trouxemos eles para o problema. [GQML]

As entrevistas resultaram em mais de 8.600 palavras transcritas. Diante dessa grande quantidade de informação, a geração do conhecimento se deu com a utilização do método de Análise de Conteúde Qualitativo. Ao se organizar os códigos gerados nas três perspectivas pesquisadas, Trabalho, Processo e Conhecimento, é possível identificar, no Quadro 8, os principais apesctos e fatores dessas perspectivas na implementação da I4.0 (Apêndice A).

Quadro 8 - Principais fatores e frequências identificados nas análises de conteúdo

(continua)

Trabalho	Processo	Conhecimento
• Desafio é recursos humanos (2x); • Redução do volume de trabalho; • Automatização e eliminação de tarefas rotineiras (2x); • Exigência de trabalhadores capacitados (x2); • White collar workers: Bem afetado, preparados e envolvidos através de conhecimento técnico; Tendência em aumentar envolvimento, autonomia e tomada de decisão, porém demandam treinamento específico; • Blue collar workers: Afetado, principalmente em processo bem automatizados e envolvidos na coleta de informação para o desenvolvimento e implementação da tecnologia (usuários) (x2) Tendência de redução na tomada de decisão (x3); • Falta de conhecimento em I4.0 e necessidade de trainamentos (2x); • Necessidade de revisão das descrições de função (x3), reavaliar contratações e remuneração; • Preparação dos trabalhadores para I4.0 (3x); • Necessidade de envolvimento e transparência na implementação de novas tecnologias (2x); • A organização deve apoiar a preparação do trabalhador e os mesmo iniciativa para tal; • Estrutura organizacional matricial na administração;	• Customização em massa; • Flexibilidade; • Redução da complexidade (2x); • Competitividade; • Aumento da qualidade (x5); • Compartilhamento e rastreabilidade de informação no ciclo de vida (3x); • Ganhos de eficiência (2x); • Melhoria contínua (x2); • Mudanças nos objetivos relacionados com I4.0 (2x); • Mudanças nos processos operacionais relacionados com I4.0 (2x); • Necessidade de priorização; • Competição dos investimentos; • Sinergia da I4.0 com novos projetos; • Iniciativas isoladas de I4.0; • Foco no resultado financeiro; • Roadmap com tecnologias habilitadoras de I4.0; • Lean atrelado à I4.0;	• Necessidade de esclarecer I4.0 (4x); • Desafio é a Gestão do Conhecimento (2x); • Preparação como vantagem competitiva (2x); • Trabalhador como fonte de iniciativas (x2); • Transparência e comunicação sobre I4.0 (2x); • A tecnologia puxa a competência; • Aprendizagem contínua (2x); • Criação de um comitê de I4.0;

Quadro 8 - Principais fatores e frequências identificados nas análises de conteúdo

(conclusão)

Trabalho	Processo	Conhecimento
• Competências: Inovação (2x), capacidade multidisciplinar (2x), *soft skills*, mudança de mindset, tomada de decisão, trabalho em equipe, solução de problemas, proatividade, gestão de dados (Big Data) (3x), analítica (2x), software (2x), programação, estatística, matemática aplicada e gerenciamento de projetos ágeis Melhoria da ergonomia.	• Escalabilidade da tecnologia; • Mudanças nos processos dependerá da automatização.	• Parcerias com universidades para desenvolvimento de tecnologia.

Fonte: Produção do próprio autor.

Destaca-se que os fatores relacionados com a perspectiva do trabalho são em maior número quando comparado com as demais perspectivas, reforçando a importância dos trabalhadores e suas tarefas na implementação da I4.0, além da timidez de aplicações formais relacionadas com a gestão do conhecimento. Na perspectiva do conhecimento, a gestão do conhecimento e disseminação do tema apresentam-se como desafios nessa transformação. Os principais fatores relacionados com a perspectiva do processo são aumento de eficiência e qualidade, o que demonstra uma expectativa de ganho na produtividade operacional.

5 DISCUSSÕES

Recentemente, a Comissão Europeia passou a chamar de Indústria 5.0 onde "se coloca o bem-estar do trabalhador no centro do processo produtivo e utiliza novas tecnologias para proporcionar prosperidade além do emprego e do crescimento, respeitando os limites de produção do planeta" (EUROPEAN COMMISSION, 2021).

O trabalho e os fatores humanos são relevantes para a implementação da I4.0 (MÜLLER, 2019; WIBOWO et al., 2020). A transformação digital promove a interação homem-máquina e os trabalhadores precisam desenvolver competências para atender a essa demanda (SIMA et al., 2020). Os entrevistados também destacam o trabalho e os fatores humanos como importantes para a I4.0, que incluem tarefas, competências e qualificações dos trabalhadores, natureza do trabalho, desenvolvimento de RH, processo de contratação e estratégias das organizações. Constata-se também que o compartilhamento de conhecimento representa um enorme desafio.

Os achados indicam que a I4.0 afetará os trabalhadores e reduzirá suas tarefas. Existe a preocupação das organizações com a falta de trabalhadores qualificados para trabalhar com a I4.0. Benotsmane et al. (2019) enfatizam a demanda de mão de obra qualificada para programação e operação das novas tecnologias da I4.0, registrando que haverá substituição de trabalhadores por dispositivos inteligentes e haverá redução de tarefas manuais e repetitivas por meio da automação de tarefas rotineiras (TROTTA e GARENGO, 2018; SIMA et al., 2020).

As competências e qualificações necessárias do trabalhador para atuar com a I4.0 foram abordadas nas entrevistas. Os entrevistados indicam que os trabalhadores devem desenvolver conhecimento de software, programação, matemática aplicada, estatística e habilidades sociais, como inovação e criatividade, abertura ao aprendizado, aceitação e capacidade de adaptação às mudanças. Os achados são consistentes com a revisão da literatura (JERMAN et al., 2020; NAVAKOVA, 2020).

A natureza do trabalho do "Colarinho Branco e Azul" difere na implementação da I4.0. Os trabalhadores de "Colarinho Branco" contribuem com conhecimento técnico e participam mais da implementação da I4.0 do que os "Colarinhos Azul", que fornecem informações para a implementação como usuários da tecnologia, por exemplo o MES. Apesar da importância do envolvimento dos trabalhadores para o sucesso da implementação da I4.0 (KIPPER et al., 2020; SALVATORE et al., 2021), há pouca participação no CM. Os trabalhadores estão engajados na melhoria contínua nas linhas de

montagem após a implementação da tecnologia.

Um número adequado de trabalhadores qualificados deve ser contratado (BENOTSMANE et al., 2019) e trabalhadores menos qualificados estão expostos a riscos de desemprego (NOVAKOVA, 2020). Os entrevistados afirmam que os trabalhadores precisam de um programa de desenvolvimento de competências adequado para que possam contribuir idealmente para a organização na transformação para I4.0. De acordo com a pesquisa, as organizações e os trabalhadores têm a responsabilidade de se adaptar a essa transformação, pois suas competências e qualificações atuais não são condizentes com as necessidades da I4.0.

Sima et al. (2020) também descrevem a importância de atualizar o processo de contratação, pois as descrições de cargos devem reproduzir as novas demandas de criatividade e competências multidisciplinares. Portanto, além dos programas de desenvolvimento de competências e qualificação, os entrevistados apontam que a organização deve atualizar seu processo de contratação, principalmente as descrições de função, bem como promover mecanismos de retenção de trabalhadores qualificados, como níveis atrativos de remuneração e subsídios adicionais, conforme mencionado por Benotsmane et al. (2019).

6 CONCLUSÃO

As linhas de montagem são sistemas sociotécnicos que envolvem interações contínuas entre trabalhadores e tecnologia e estão transformando rapidamente praticamente todas as áreas do Trabalho, Processo e Conhecimento. A transformação digital está impactando a forma como o trabalho humano é organizado e realizado. Não surpreendentemente, estudos de tecnologias baseadas em I4.0 são em maior quantidade do que estudos humanos baseados em I4.0, tópico importante ainda sub-representado na literatura.

Esta pesquisa explora os fatores humanos na transformação digital no Brasil por meio de discussões apoiadas pela perspectiva teórica e de gerentes entrevistados que lideram projetos de aplicação da I4.0 na CSM do CM.

Portanto, esta pesquisa conduz uma discussão abrangente dos impactos da implementação da I4.0 na indústria automotiva no contexto gerencial nas seguintes perspectivas:

- do Trabalho, considerando requisitos sociais (centrados no ser humano) como Gestão de Recursos Humanos (GRH) que inclui: o desenvolvimento de competências necessárias para atuarem na I4.0, revisão das descrições de função, principalmente no processo de contratação, e maior envolvimento dos trabalhadores durante a implementação de novas tecnologias;
- do Processo, considerando que as novas tecnologias da I4.0 contribuem para a customização em massa, redução da complexidade das operações e ganhos de eficiência e qualidade;
- do Conhecimento, considerando a necessidade de disseminação do tema e reforçando a importância da gestão do conhecimento, uma vez que a eliminação de tarefas podem levar consigo o conhecimento.

Esta pesquisa reforça a importância do capital humano para a implementação da I4.0 e aponta que o sucesso para a implementação das novas tecnologias na CSM do CM passa por envolver os trabalhadores durante todo o processo.

6.1 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS E TEÓRICAS

Para a maioria dos profissionais, a transformação digital e suas implicações nos

processos de operações humanas continuam sendo uma incógnita. Uma melhor compreensão da abordagem do Trabalho, Processo e Gestão do Conhecimento apoia a GRH e contribui para a promoção de um contexto favorável à criação e partilha de conhecimento pelos trabalhadores da I4.0, promovendo a melhoria contínua e alargando o campo de visão dos profissionais para a tomada de decisão, visando a competitividade.

Os achados contribuem com o interesse acadêmico sobre os impactos da I4.0 no Trabalho, Processo e Conhecimento, e com elementos para reflexão sobre a importância destas perspectivas no chão de fábrica. Nesse sentido, o cenário de redução da atividade econômica e demissões no setor destacam a importância do compartilhamento do conhecimento, influenciando os trabalhadores remanescentes e as contratações futuras, ao retomar a estabilidade do setor.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

Uma vez discutido os impactos da implementação da I4.0 na indústria automotiva no contexto gerencial, abre-se uma oportunidade, seguindo o método definido nesta pesquisa, para discutir os impactos também na perspectiva do trabalhador, com possível extensão de entrevistas com representantes dos trabalhadores. Seguindo a mesma estratégia, a possibilidade de ampliar a amostra internacionalmente também se coloca como uma oportunidade, em uma discussão que envolve cultura organizacional.

A Gestão do Conhecimento (GC) aparece implícita nas entrevistas, e indica uma demanda por mais pesquisas relacionadas à captura, compartilhamento e reutilização do conhecimento tácito do trabalhador durante a implementação do I4.0. A discussão sobre a implementação da GC na I4.0 é recente (CASSIA et al., 2020; MANESH et al., 2020), e sua influência na transformação digital de sistemas de produção, GRH e criação de contextos favoráveis ao compartilhamento do conhecimento ainda é pouco explorada (MUNIZ JR et al., 2021).

A educação da I4.0 também se apresenta como um desafio para a implementação da I4.0 (HARIHARASUDAN e KOT, 2018). As novas diretrizes curriculares brasileiras de engenharia dizem respeito à implementação da I4.0 e os currículos acadêmicos estão sendo revistos para qualificar novos trabalhadores a partir de 2023. A complexidade associada aos métodos existentes ainda é um inibidor da transformação digital (EROL et al., 2016). Modelos de aprendizagem de I4.0 propostos por Uhleman et al. (2017), Prinz (2016), Hecklau et al. (2016) e Baena (2017) são destacados como pioneiros, mas esses métodos

ainda requerem forte validação empírica dos modelos existentes, o que representa uma oportunidade de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ACCIARINI, C. et al. Can digitalization favour the emergence of innovative and sustainable business models?. In: **Can digitalization favour the emergence of innovative and sustainable business models?**. 2021. p. 1-20.

SENAI. **Avaliação de maturidade**: Indústria 4.0. Disponível em: https://maturidade.senai40.com.br/#/auth/login. Acesso em: 15 set. 2021.

BAENA, F. et al. Learning factory: The path to industry 4.0. **Procedia manufacturing**, v. 9, p. 73-80, 2017.

BAI, C. et al. Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. **International journal of production economics**, v. 229, p. 107776, 2020.

BENOTSMANE, R. et al. Economic, social impacts and operation of smart factories in Industry 4.0 focusing on simulation and artificial intelligence of collaborating robots. **Social Sciences**, v. 8, n. 5, p. 143, 2019.

BERNARDES, E. et al. Pesquisa qualitativa em engenharia de produção e gestão de operações. São Paulo: Atlas. 2019.

CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior. Programas da Pós-Graduação Stricto Sensu no Brasil [2017-2020]. Brasília, 2020. Disponível em: https://dadosabertos.capes.gov.br/dataset. Acesso em: 22 out. 2021.

CASSIA, A. R. et al. Systematic literature review for the development of a conceptual model on the relationship between knowledge sharing, information technology infrastructure and innovative capability. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 32, n. 7, p. 801-821, 2020.

INTERNAL

CASTRO, G. D. R. et al. Unleashing the convergence amid digitalization and sustainability towards pursuing the Sustainable Development Goals (SDGs): A holistic review. **Journal of Cleaner Production**, v. 280, p. 122204, 2021.

CHEHBI-GAMOURA, S. et al. Insights from big Data Analytics in supply chain management: an all-inclusive literature review using the SCOR model. **Production Planning & Control**, v. 31, n. 5, p. 355-382, 2020.

CHRYSSOLOURIS, G. et al. Manufacturing systems: skills & competencies for the future. **Procedia CIRp**, v. 7, p. 17-24, 2013.

DALENOGARE, L. S. et al. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. **International Journal of production economics**, v. 204, p. 383-394, 2018.

DE LARA, F. F. A indústria automotiva em transição? Análise do posicionamento das subsidiárias nacionais das montadoras frente aos desafios da mobilidade urbana sustentavel no Brasil. **Produção Online**, v. 19, n. 2, p. 668-694, 2019.

EPSRC. Manufacturing the Future: Standard Research Proposals. Engineering and Physical Sciences Research Council. Disponível em: https://epsrc.ukri.org/funding/calls/manufacturing-the-future-standard-research-proposals/. Acesso em: 28 nov. 2019.

EROL, S. et al. Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. **Procedia CiRp**, v. 54, p. 13-18, 2016.

EUROPEAN COMMISSION. Industry 5.0. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en. Acesso em: 3 jun. 2022.

EUROPEAN PARLIAMENT. Industry 4.0. Directorate General for Internal Policies, Policy Department A: Economic and Scientific Policy. Study for the ITRE committee. Disponível em:

http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf. Acesso em: 28 nov. 2019.

FAPESP. Industry 4.0 impacts on workers: case study of the Brazilian, British, Canadian and Chinese automotive industry. Research Supported by FAPESP. Disponível em: Research Grants 21/10944-2 - Administração da produção, Indústria 4.0 - BV FAPESP

FERRARIO, A. et al. A multipurpose small-scale smart factory for educational and research activities. **Procedia Manufacturing**, v. 38, p. 663-670, 2019.

GOSWAMI, M.; DAULTANI, Y. Make-in-India and Industry 4.0: technology readiness of select firms, barriers and socio-technical implications. **The TQM Journal**, 2021.

GRANEHEIM, U. H.; LUNDMAN, B. Qualitative content analysis in nursing research: concepts, procedures and measures to achieve trustworthiness. **Nurse education today**, v. 24, n. 2, p. 105-112, 2004.

HARIHARASUDAN, A.; KOT, S. A scoping review on Digital English and Education 4.0 for Industry 4.0. **Social sciences**, v. 7, n. 11, p. 227, 2018.

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

HERRMANN, F. et al. Beschäftigung 2030. Auswirkungen von Elektromobilität und Digitalisierung auf die Qualität und Quantität der Beschäftigung bei Volkswagen. Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO. Disponível em: http://publica. fraunhofer. de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-6154803. Pdf. Acesso em: 16 feb. 2021.

HONG, J.; MUNIZ JR, J. **Cross-cultural knowledge management**: Cultural influences in China and Brazil. Taylor & Francis, 2022.

INTERNAL

INDUSTRIALL. The challenge of industry 4.0 and the demand for new answers. IndustriALL Global Union. Disponível em: http://www.industriall-union.org/sites/default/files/uploads/documents/2017/SWITZERLAND/Industry4point0Conf/industry_4_en_web.pdf. Acesso em: 21 feb. 2021.

INEP - INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. Sinopse Estatística da Educação Superior 2017. Brasília: INEP, 2018. Disponível em: http://inep.gov.br/sinopses-estatisticas-da-educacao-superior. Acesso em: 22 out. 2021.

IJPR - International Journal of Production Research. Call for Papers. Human-centric production and logistics system design and management: transitioning from Industry 4.0 to 5.0. Disponível em: Call for Papers: Human-centric production and logistics systems. Acesso em: 21 feb. 2021.

JERMAN, A. et al. Transformation towards smart factory system: Examining new job profiles and competencies. **Systems Research and Behavioral Science**, v. 37, n. 2, p. 388-402, 2020.

KAASINEN, E. et al. Empowering and engaging industrial workers with Operator 4.0 solutions. **Computers & Industrial Engineering**, v. 139, p. 105678, 2020.

KAGERMANN, H. et al. **Industrie 4.0 in a Global Context**: strategies for cooperating with international partners. Herbert Utz Verlag, 2016.

KARRE, H. et al. Transition towards an Industry 4.0 state of the LeanLab at Graz University of Technology. **Procedia manufacturing**, v. 9, p. 206-213, 2017.

KAZANCOGLU, Y.; OZKAN-OZEN, Y. D. Analyzing Workforce 4.0 in the Fourth Industrial Revolution and proposing a road map from operations management perspective with fuzzy DEMATEL. **Journal of enterprise information management**, 2018.

INTERNAL

KIPPER, L. M. et al. Scopus scientific mapping production in industry 4.0 (2011–2018): a bibliometric analysis. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 6, p. 1605-1627, 2020.

MANAVALAN, E.; JAYAKRISHNA, K. A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements. **Computers & Industrial Engineering**, v. 127, p. 925-953, 2019.

MANESH, M. F. et al. Knowledge management in the fourth industrial revolution: Mapping the literature and scoping future avenues. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 68, n. 1, p. 289-300, 2020.

MELO, J. C. et al. PREPARAÇÃO DOS TRABALHADORES PARA A I4. 0: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA. **Exacta**, 2022.

MESKI, O. et al. Integrated data and knowledge management as key factor for Industry 4.0. **IEEE Engineering Management Review**, v. 47, n. 4, p. 94-100, 2019.

MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **International journal of surgery (London, England)**, v. 8, n. 5, p. 336-341, 2010.

MÜLLER, J. M. Assessing the barriers to Industry 4.0 implementation from a workers' perspective. **IFAC-PapersOnLine**, v. 52, n. 13, p. 2189-2194, 2019.

MUNIZ JR, J. et al. Challenges of Engineering Education 5.0 based on I4. 0 Policies in Brazil, India, Japan, and Sweden. In: **WIL'22 7-9 December 2022, International Conference on Work Integrated Learning, University West, Trollhättan, Sweden**. University West, 2022. p. 95-96.

INTERNAL

MUNIZ JR, J. **Modelo conceitual de gestão de produção baseado na gestão do conhecimento**: um estudo no ambiente operário da indústria automotiva. Guaratinguetá. 2007.

MUNIZ JR., J. et al. The relationship between Industry 4.0 with official Brazilian actions and the 2030 Agenda. In: Fernandes, B. M. (Org). Building Territories Based on GDS Leaving No One Behind. São Paulo: EDUNESP (in press).

MUNIZ JR, J. et al. Worker and manager judgments about factors that facilitate knowledge-sharing: Insights from a Brazilian automotive assembly line. **Knowledge and Process Management**, 2021.

NOVAKOVA, L. The impact of technology development on the future of the labour market in the Slovak Republic. **Technology in Society**, v. 62, p. 101256, 2020.

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development. Digital Economy Outlook. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/sites/6f9d3f23-pt/index.html?itemId=/content/component/6f9d3f23-pt. Acesso em: 12 ago. 2021.

OICA - Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles. Production Statistics. Disponível em : https://www.oica.net/category/production-statistics/2021-statistics/. Acesso em: 03 jun. 2022.

OTTONICAR, S. L. C. et al. Public policy applied in industry 4.0: a comparative study between Brazil and Canada focusing on information literacy. **Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação; Vol 12 No 2 (2019): Revista Ibero-americana de Ciência da Informação; 558-584**, v. 24, n. 2, p. 584-558, 2019.

PAGLIOSA, M. et al. Industry 4.0 and Lean Manufacturing: A systematic literature review and future research directions. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 32, n. 3, p. 543-569, 2019.

INTERNAL

PERUZZINI, M.; PELLICCIARI, M. A framework to design a human-centred adaptive manufacturing system for aging workers. **Advanced Engineering Informatics**, v. 33, p. 330-349, 2017.

PREUVENEERS, D.; ILIE-ZUDOR, E. The intelligent industry of the future: A survey on emerging trends, research challenges and opportunities in Industry 4.0. **Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments**, v. 9, n. 3, p. 287-298, 2017.

PRINZ, C. et al. Learning factory modules for smart factories in industrie 4.0. **Procedia CiRp**, v. 54, p. 113-118, 2016.

RESMAN, M. et al. Methodology for planning smart factory. **Procedia CIRP**, v. 97, p. 401-406, 2021.

RIBEIRO, V. B. et al. Knowledge management and Industry 4.0: a critical analysis and future agenda. **Gestão & Produção**, v. 29, 2022.

RIMINUCCI, M. Industry 4.0 and human resources development: A view from Japan. **E-Journal of International and Comparative Labour Studies**, 2018.

RODRIGUEZ, I. A. et al. Exploring the Relationship Between Organizational Politic and Knowledge Sharing in Brazilian Modular Consortium. **International Journal of Knowledge Management (IJKM)**, v. 17, n. 4, p. 76-92, 2021.

SALVATORE, M. et al. Smart operators: How Industry 4.0 is affecting the worker's performance in manufacturing contexts. **Procedia Computer Science**, v. 180, p. 958-967, 2021.

SCHUH, G. et al. **Industrie 4.0 maturity index:** Managing the digital transformation of companies. Utz, Herbert, 2017.

INTERNAL

SHAMIM, S. et al. Management approaches for Industry 4.0: A human resource management perspective. In: **2016 IEEE congress on evolutionary computation (CEC)**. IEEE, 2016. p. 5309-5316.

SIÉ, L.; YAKHLEF, A. Passion and expertise knowledge transfer. **Journal of Knowledge Management**, 2009.

SIEMENS. On the Way to Industrie 4.0: The Digital Enterprise. Presentation. Disponível em: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:558e2625-d63c-4567-9bb0-1553ae567ff2/presentation-e.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2019.

SILVIANITA, A.; LING, T. C. Role Impact in Knowledge Management of Automotive Component Firms in Indonesia. In: **First ASEAN Business, Environment, and Technology Symposium (ABEATS 2019)**. Atlantis Press, 2020. p. 79-82.

SIMA, V. et al. Influences of the industry 4.0 revolution on the human capital development and consumer behavior: A systematic review. **Sustainability**, v. 12, n. 10, p. 4035, 2020.

STEMLER, S. An overview of content analysis. **Practical assessment, research, and evaluation**, v. 7, n. 1, p. 17, 2000.

STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. **procedia CIRP**, v. 40, p. 536-541, 2016.

STROHMEIER, S. Smart HRM–a Delphi study on the application and consequences of the Internet of Things in Human Resource Management. **The International Journal of Human Resource Management**, v. 31, n. 18, p. 2289-2318, 2020.

TROTTA, D.; GARENGO, P. Industry 4.0 key research topics: A bibliometric review. In: **2018 7th international conference on industrial technology and management (ICITM)**. IEEE, 2018. p. 113-117.

UHLEMANN, T. H.-J. et al. The digital twin: demonstrating the potential of real time data acquisition in production systems. **Procedia Manufacturing**, v. 9, p. 113-120, 2017.

INTERNAL

USTUNDAG, A.; CEVIKCAN, E. **Industry 4.0: managing the digital transformation**. Springer, 2017.

VALENTINA, P. et al. **Smart operators**: How Industry 4.0 is affecting the worker's performance in manufacturing contexts. Procedia Computer Science, 180, 958-967, 2021.

VRCHOTA, J. et al. Human resources readiness for industry 4.0. **Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity**, v. 6, n. 1, p. 3, 2019.

WEISS, A. A Bíblia da Consultoria: métodos e técnicas para montar e expandir um negócio de consultoria. 1ª edição. São Paulo: Autêntica Business, 15 jul. 2017.

WIBOWO, E. B. et al. Industry 4.0: Challenges and opportunities in competency development for defense apparatus' human resources. **Int. J. Adv. Sci. Technol**, v. 29, n. 7, p. 45-60, 2020.

WOLLSCHLAEGER, M. et al. The future of industrial communication: Automation networks in the era of the internet of things and industry 4.0. **IEEE industrial electronics magazine**, v. 11, n. 1, p. 17-27, 2017.

INTERNAL

APÊNDICE A – Quadros com as análises de conteúdo das entrevistas

Quadro 9 - Análise de conteúdo qualitativo da entrevista com o GEEIM

(continua)

Pergunta	Resposta condensada	Código
O1	… a indústria 4.0 proporciona para a manufatura a customização em massa... (oportunidade) … Na indústria 4.0, conseguimos trazer essa fluidez da informação desde um pedido colocado na concessionária, passando pela logística, transformando em pedido para fornecedores e trazendo para linha de produção... (oportunidade) … O desafio realmente é o recurso humano...	Customização em massa. Compartilhamento de informação. Desafio é recursos humanos.
O2	… Buscamos implementar a indústria 4.0 em todos os projetos e investimentos… … Você tem que estar pronto e preparado para saber e conhecer essas tecnologias e assim que surgir a oportunidade, você implementa…	Sinergia com novos projetos. Aprendizagem contínua.
O3	… Você tem que estar com a equipe engajada olhando para essas novas tendências o tempo todo e aproveitando esses momentos de mudança na linha, de implementação de novos produtos, para você encaixar… … Falando em prontidão, a nível de Brasil, nós estamos bem, em um nível de entre médio para alto, comparado com as demais indústrias…	Aprendizagem contínua. Maturidade entre média e alta.
O4	… a nível de engenheiro (white collars) é totalmente… …Se você falar de blue collars, de operador da linha, não. Não são os operadores que decidem e estudam o que implementar…	White collars: preparados e envolvidos. Blue collars: sem conhecimento.
O5	… trazem informação através da técnica… … os engenheiros opinam e participam ativamente desse processo de tomada de decisão…	White collars: suporte através de conhecimento técnico.
O6	… As análises virtuais são bem melhores do que as feitas fisicamente, sendo muito mais detalhadas... …Quando se tem uma linha mais automatizada, o nível dos manutentores mudam…	Redução do volume de trabalho. Exigência de trabalhadores capacitados.
O7	…naturalmente se espera um ganho de produtividade… …espera-se um ganho de qualidade com uma uniformização das operações… …ganho de ergonomia na linha para os operadores, pois é possível fazer a analise bem antes de trazer para a linha…	Aumento da produtividade, qualidade e ergonomia.
O8	…Sim, mais a nível de fábrica, mas há ganhos em outras áreas como gestão da cadeia de suprimento como ferramentas para o aprimoramento das informações… …tudo isso está relacionado com a customização…	Compartilhamento de informação. Customização em massa. Flexibilidade.
O9	… o montador do lado da linha ele vai montar aquilo que a logística disponibilizou para ele ali naquele carro, ele não vai ficar checando se aquele radiador é daquele carro, se aquele motor de partida é daquele carro…	Redução na tomada de decisão do blue collar.

Quadro 9 - Análise de conteúdo qualitativo da entrevista com o GEEIM
(conclusão)

Pergunta	Resposta condensada	Código
T1	…se muda de chave de fenda para laptop, possuindo bastante conhecimento que para retê-lo você tem que oferecer muita coisa, como salário e benefícios. O manutentor hoje é totalmente diferente do manutentor do passado… …engenheiros de planejamento de manufatura, que faz análise de produto e processo, necessitando ter um conhecimento maior não só em ferramentas, mas skills para trabalhar em equipe… …exigindo que aprenda a mexer e a trabalhar com um robô colaborativo, então ele receberá um treinamento diferenciado…	Competências e remuneração. Habilidade de trabalho em equipe. Treinamento para os blue collars.
T2	…para o blue collar, não vejo que vai aumentar o nível de tomada de decisão. Em alguns aspectos até diminui… …white collar, tem autonomia de opinar e de mostrar caminhos para soluções que serão implementados em determinados problemas…	Redução da tomada de decisão do blue collar. Aumento da autonomia do white collar.
T3	…As pessoas vão se qualificando e se preparando, dia após dia, para essas modificações/mudanças que vem acontecendo…	A tecnologia puxa a competência e aprendizagem contínua.
T4	… mudança de mindset, cabeça aberta para poder realmente receber essas mudanças e alterações de tecnologia...	Mudança de mindset.
T5	…ele (blue collar) necessita se qualificar para fazer trabalhos mais qualificados… …se escuta bastante os representantes dos empregados…	Qualificação. Participação do sindicato.
T6	…totalmente, porque a empresa é feita pelos colaboradores…	Trabalhador como parte da organização.
I1	… a mudança organizacional promoveu a implementação de uma linha de produção mais automatizada, necessitando de manutentores mais capacitados e especializados que, além de fazer a correção, também fazem a proposição de melhorias…	Competências, solução de problemas e proatividade.

Fonte: Adaptado de Graneheim e Lundman (2004).

Quadro 10 - Análise de conteúdo qualitativo da entrevista com o GEORH

(continua)

Pergunta	Resposta condensada	Código
O1	…se precisarmos fazer uma onda de investimento pesado na linha de produção para a indústria 4.0, essa importância competirá com a importância de se continuar investindo na na linha de produto. (Desafio) …como é que compete para ganhar esse grau de prioridade no investimento da empresa. (Desafio) O veículo é um IOT e carrega muita informação. (Oportunidade) …essa informação pode ser armazenada e utilizada para o contrato de manutenção, você pode também ter uma rastreabilidade do quanto você gasta de garantia e do próprio perfil do condutor e região onde ele tá. (Oportunidade) …com a indústria 4.0 ter finalmente a customização em massa. (Oportunidade) …Pode comoditizar a complexidade. (Oportunidade)	Competição dos investimentos. Necessidade de priorização. Veículo como IoT. Compartilhamento de informação. Customização em massa. Redução de complexidade.
O2	… acompanhar a evolução do assunto e algumas iniciativas que vêm sendo feitas. …começando a fazer um programa de inovação, mas eu acho que foi muito mais da vontade das pessoas… Não se vê esse olhar estratégico para esse foco.	Entendimento do tema. Promoção de inovação. Necessidade de priorização.
O3	… não está maduro, estamos aprendendo com algumas iniciativas isoladas… Não tem um programa institucional olhando para isso. E eu acho que é muito mais o anseio dos indivíduos do que de um olhar corporativo.	Maturidade baixa. Necessidade de priorização. Iniciativas isoladas.
O4	…está muito na vontade individual.	Iniciativas isoladas.
O5	Não vejo os trabalhadores… Temos diretores que possuem grandes iniciativas relacionadas com mudança tecnológica e investimentos, deixando o ambiente fluir, quando uma coisa interessante surge ele vai lá e pesca.	Ausência na tomada de decisão. Fonte de iniciativas.
O6	O que a gente vem fazendo nos últimos anos, não é uma grande virada, mas é uma mudança, por exemplo, um time para o RIO (conectividade), um time do GSSM (serviços), um pessoal de TI, engenharia eletroeletrônico… …vejo vontade sim da organização, o problema é competir com a lista de prioridades. Temos um exemplo na Engenharia que, quando se abre uma vaga nova de engenheiro de chassis, por exemplo, faz-se um trabalho para justificar se realmente precisa dessa especialidade ou de um cara na parte eletrônica.	Presença de mudanças organizacionais. Necessidade de priorização. Revisão das descrições de função.
O7	Sim, mas não é proposital. …se olha para o dinheiro. Um grande dilema / grande questão da indústria 4.0 é o que é Buzzword e o que que é indústria 4.0? … no departamento tem muita gente fazendo atividade operacional de controle de conferência que é coisa que podia ser facilmente automatizado robotizado, então a gente está trabalhando nisso de ter mais robotização nos nas áreas administrativas para liberar recurso para trabalhar nessas outras frentes.	Foco em resultado financeiro. Necessidade de esclarecer I4.0. Automatização de tarefas rotineiras. Direcionar os trabalhos para I4.0.

Quadro 10 - Análise de conteúdo qualitativo da entrevista com o GEORH
(continuação)

Pergunta	Resposta condensada	Código
O8	…Eu vejo mudança, mas ainda nessas iniciativas isoladas.	Iniciativas isoladas.
O9	… Se começar a saber onde se montou errado, vai lá na ponta da linha tentar identificar a causa ou fazer predições, uma vez implantado isso começa a ser uma melhoria de processo e de qualidade muito grande. A gente tá fazendo um programa de doutorado que é financiar bolsas para desenvolvimento e começamos com um projeto para pegar as informações do RIO e criar um modelo matemático para ser mais preciso no contrato de manutenção, obtendo rentabilidade no contrato de manutenção e diminuindo os custos de garantia.	Rastreabilidade no ciclo do produto. Parcerias com universidades para desenvolvimento de tecnologia.
T1	…Eu tô percebendo muito que vai diminuir, com a automatização, o número de falhas nas tarefas. …vai exigir muito mais criação também, pois vai deixar de fazer trabalho rotineiro, que você consegue automatizar. Mas por outro lado tem isso, na hora que precisar fazer alguma coisa, não faz porque já está acostumado a ter uma máquina fazendo para ele.	Automatização reduzindo falhas. Capacidade de inovação. Eliminação de tarefas rotineiras. Desafio é gestão do conhecimento.
T2	O cenário que o cara tenha que pensar mais no criativo, mas por outro lado muitas decisões já vão estar no pacote. …pode ganhar autonomia sim, mas o cara vai deixar de refletir sobre as decisão dele já que tudo estará mais mastigado. Essa competência talvez a humanidade vai perder.	Capacidade de inovação. Redução da tomada de decisão. Aumento da autonomia. Desafio é gestão do conhecimento.
T3	…massificar o uso de equipamentos, então eles vão ser muito mais operadores de software, olhando para um nível de produção. Montar uma fábrica lá na China era escolhida por conta da mão de obra mais barata. A mão de obra está ficando cada vez menos relevante, pois os processos têm muita robotização, então começa a ter um movimento de começar a voltar à fábrica por conta da logística. Eu acho que vai ficar mais fácil para o trabalhador executar a tarefa, desde que ele tenha os equipamentos para fazer. Para o white collar, por exemplo, o que será a do analista financeiro? Isso vai ser cada vez mais automatizado, necessitando a migração para competência de soft skills.	Blue collar: Competência de trabalhar com software. Automatização reduzindo a necessidade de mão de obra. Redução da complexidade do trabalho. White collar: soft skills.
T4	…blue collar vai ter que aprender a mexer com software… …white collor um pouco de como ele lida com tanta informação.	Blue collar: Competências para trabalhar com softwares. White collar: competências de gestão de dados.
T5	Formalmente não, a gente tá fazendo muito pela vontade individual… Não tem hoje um processo formal de transformação.	Iniciativas isoladas. Necessidade de priorização.
T6	Para a indústria 4.0 acho que como não tem ainda uma estrutura formal corporativa e de governança para isso, diria que não há.	Necessidade de priorização.

Quadro 10 - Análise de conteúdo qualitativo da entrevista com o GEORH
(conclusão)

Pergunta	Resposta condensada	Código
I1	As necessidades urgentes do dia-a-dia, como falta de peças, competem com essas iniciativas. Você liberou um recurso aqui e joga no desenvolvimento de software. O mal sucedido foi um projeto de digitalização que não entregava resultado somente promessas disruptivas e não se focava na implementação básica. O motivo eu acho que um pouco da competência de soft skills faltou do profissional.	Necessidade de priorização. Direcionar os trabalhos para I4.0. Necessidade de competências soft skills.

Fonte: Adaptado de Graneheim e Lundman (2004).

Quadro 11 - Análise de conteúdo qualitativo da entrevista com o GI

(continua)

Pergunta	Resposta condensada	Código
O1	…o principal desafio nesse processo de transformação para indústria 4.0 será: como o capital humano irá se adequar aos novos métodos e tecnologias que surgem com o avanço dessa metodologia. Os profissionais que atuam hoje nas funções fabris terão que se adequar às novas tecnologias e, por isso, as organizações devem estar atentas a todas as tendências e dar o suporte adequado aos colaboradores. Nesse ponto, é importante também que as organizações avaliem de maneira planejada as novas contratações tendo foco em profissionais adequados e com alguma experiência para serem até mesmo multiplicadores dessas tendências para os demais colaboradores. …principal vantagem competitiva que as organizações podem ter são os ganhos de produtividade, entrega, qualidade e a redução de custos com retrabalhos e refugos	Desenvolvimento do capital humano. A organização deve apoiar a preparação do trabalhador. Reavaliar contratações e descrição de funções. Ganhos de eficiência e qualidade.
O2	A nossa organização está atenta aos avanços da indústria 4.0, se alinhando sempre com todo o planejamento e demandas dos nossos clientes. …as nossas ações são planejadas e implementadas à medida que se tornam necessárias, sempre buscando a otimização dos custos, cada etapa na sua etapa e nada de ter um avanço muito mais rápido daquilo que é o necessário para o momento.	Aprendizagem contínua. Sinergia com novos projetos.
O3	…o nosso nível de maturidade está bem alinhado com a situação atual, sendo que nossa equipe tem a preparação correta para os processos atuais. …o papel da organização é ter um planejamento consistente e que garanta que os colaboradores estejam preparados para os avanços tecnológicos que estão por vir.	Maturidade adequada. A organização deve apoiar a preparação do trabalhador.
O4	O nível de envolvimento dos colaboradores deve estar alinhado com o planejamento estratégico da organização, ou seja, a medida que as interações são necessárias a equipe é envolvida e preparada para a implementação…	Trabalhadores envolvidos sob demanda.
O5	Eu acho que a participação na tomada de decisão deve acontecer à medida que ela se torne necessária, ou seja, levando em consideração os níveis estratégico, tático e operacional.	Tomada de decisão de acordo com a demanda.
O6	Não vejo uma mudança de estrutura olhando para o que nós estamos vivendo atualmente. Eu vejo que essa mudança está na preparação dos próprios colaboradores para se adaptarem a essas tendências ou tecnologias. Por exemplo, se está tudo certo e tem funcionado não demanda parar e mudar tudo, mas se irá adequar pois terá um novo produto, pode-se colocar uma nova tecnologia, valendo a pena a mudança e absorvendo melhor os custo.	Mudanças na preparação dos trabalhadores. Sinergia com novos projetos.
O7	Com certeza, sempre é importante levar em consideração o seu planejamento. Se implementou-se uma nova tecnologia ou se tem um novo produto trazendo questões de indústria 4.0, temos que rever.	Mudanças nos objetivos relacionados com I4.0.

Quadro 11 - Análise de conteúdo qualitativo da entrevista com o GI
(continuação)

Pergunta	Resposta condensada	Código
O8	Sim, eu acho que a mudança acaba sendo natural. Quando se faz o planejamento já se enxerga o momento que tem que atuar para que essas mudanças entrem de uma maneira correta e todos estejam preparados para que ela aconteça.	Mudanças nos processos operacionais relacionados com I4.0.
O9	Com certeza, eu acho que esse é um dos objetivos quando se investe na indústria 4.0. A transformação para a indústria 4.0 introduz novas formas de melhoria contínua e garantia de qualidade, mas tudo depende de como elas serão introduzidas e levando em consideração o nível de necessidade de aplicação. …é importante que os colaboradores estejam preparados para extrair o máximo dessas tecnologias e o que elas podem trazer.	Melhoria contínua e garantia de qualidade. Preparação do trabalhador para I4.0.
T1	…os trabalhadores terão que se adequar às novas tecnologias e métodos que irão surgir com a implementação de processos ligados à indústria 4.0. …deve ser um caminho natural, tanto os trabalhadores quanto a organização devem se preparar para estarem abertos para absorver ao máximo os conhecimentos e habilidades necessárias. Quando as pessoas enxergam quais são as tendências, o que está acontecendo e a organização deixa tudo isso mais claro, traz bons frutos para as organizações. A tecnologia em si te dá uma oportunidade, mas se não tiver o capital humano trabalhando da forma correta para usar aquela tecnologia da melhor forma possível, não funcionará e as competências têm que estar muito interligadas para que isso aconteça.	Preparação do trabalhador para I4.0. Preparação da organização para I4.0. Transparência e comunicação. Capital humano e diversidade de competências.
T2	… os trabalhadores devem estar preparados para essas tomadas de decisão adequadas a cada nível hierárquico, pois a tendência é que com implementação desses métodos e com mais informação disponível seja necessário tomar decisões ainda mais assertivas… …acredito que vai aumentar e as pessoas têm que estar mais preparadas para isso, por isso que esse leque de competências que as pessoas têm que ter deve ser muito maior. Não é só a tecnologia que facilitará a nossa vida, ela vem sim para sermos mais produtivos, assertivos e entregar mais com mais qualidade, mas se não tiver essa inteligência humana por trás, não vai funcionar. Todos têm que ter um poder de decisão e tem que ser muito analítico para isso.	Tomada de decisão adequada ao nível. Diversidade de competências. Capital humano com competência analítica.
T3	…as competências e qualificações dos trabalhadores são alteradas à medida da necessidade… Do lado do trabalhador, ele deve estar sempre atento às mudanças e também se preparar para as mudanças em seu local de trabalho, pois estar preparado pode significar uma vantagem competitiva alinhando engajamento, crescimento profissional e proatividade.	Competências e qualificações dos trabalhadores adequadas com a necessidade. Preparação como vantagem competitiva.

Quadro 11 - Análise de conteúdo qualitativo da entrevista com o GI

(conclusão)

Pergunta	Resposta condensada	Código
T4	Os desafios na verdade para mim já existem, pois os processos produtivos estão em constante mudança e se não houver uma preparação, os trabalhadores ficarão defasados com relação ao momento da organização. …essas mudanças demandam profissionais mais voltados para análises e tomadas de decisão, alinhando os conhecimentos e competências necessárias para os processos da indústria 4.0. Então, não é só o desenvolvimento técnico, o trabalhador tem que estar preparado e ter essa visão mais analítica das coisas.	Preparação dos trabalhadores. Trabalhadores analíticos e tomadores de decisão.
T5	Os colaboradores participam da tomada de decisão na elaboração do plano de implementação e também na validação e implementação de melhorias.	Envolvidos na tomada de decisão.
T6	A participação dos colaboradores é efetiva na medida em que cada nível é alcançado, sendo assim os colaboradores do nível estratégico participando da tomada de decisões estratégicas com informações do tático e informações operacionais.	Participação efetiva e adequada à posição.
I1	…operadores conseguiram nos dar o feedback perfeito do que a gente precisa melhorar no equipamento e nos processos. …processo online de folhas de processo via sistema que foi desenvolvido por um colaborador mas que não passou por um processo robusto de implementação. Quando esse colaborador saiu da organização, perdeu-se o Know How (Gestão do conhecimento). Se nós tivéssemos com toda essa questão da indústria 4.0 na cabeça naquele momento, realmente a gente não passaria por essa situação.	Necessidade de priorização. Direcionar os trabalhos para I4.0. Necessidade de competências soft skills.

Fonte: Adaptado de Graneheim e Lundman (2004).

Quadro 12 - Análise de conteúdo qualitativo da entrevista com o GQML

(continua)

Pergunta	Resposta condensada	Código
O1	…competitividade, ou seja, qualidade, produtividade e consequentemente menor custo. Falar de indústria 4.0 sem falar de transformação digital acho ser difícil. Você tem que ter uma transformação digital na empresa e aí tornar ela mais ágil na tomada de decisão, no senso de urgência e também na assertividade nas decisões… O desafio eu acho que é disseminar o que é a indústria 4.0. Então a indústria 4.0 tem que estar dentro de uma estratégia corporativa uma vez que está se desenvolvendo para gerar competitividade.	Competitividade Transformação digital Disseminar o tema Necessidade de priorização
O2	Iniciamos em 2018 criando um comitê da indústria 4.0 para mapear as tecnologias e as iniciativas que as áreas estão fazendo, pois às vezes tem iniciativas muito departamentais, trabalhando em silos, e quando se fala de conectividade e integração não se pode trabalhar em silos. Em seguida, fizemos um Road Map e definimos as tecnologias habilitadoras principais e começamos a desenvolvê-las. Outro fator que foi relevante é que tínhamos o LEAN bem estruturado desde 2013 e atrelamos a Indústria 4.0 ao LEAN, já que algumas teorias falam que o LEAN atrelado à Indústria 4.0 consegue-se ter muito mais retorno, evitando automatizar desperdícios. Sempre usamos o conceito de POC (Proof of Concept em inglês) para começar a testar a tecnologia para ver se funciona no ambiente de indústria, aplicar em um ponto e depois gerar escalabilidade e vira sistêmica.	Criação de um comitê de I4.0. Roadmap com tecnologias habilitadoras de I4.0 Lean atrelado à I4.0. Escalabilidade da tecnologia.
O3	Baseado no questionário desenvolvido pelo Senai e ACATECH, há um ano atrás estávamos com nota 3.6, mas falando dos seis níveis de maturidade eu acho que estamos entre o nível 3 e 4, que é transparência em Indústria 4.0.	Maturidade avançada em I4.0. Transparência em I4.0
O4	Quando a gente fala chão de fábrica é quase nada, eles são mais usuários e são envolvidos para coletar informação para o desenvolvimento… Quando o trabalhador está fazendo parte da discussão, ele vai ficar mais ainda empolgado. Por exemplo, na implementação do robô autônomo de abastecimento, os operadores de abastecimento foram envolvidos, porque olhavam a tecnologia e achavam que perderam o emprego, mas na verdade seriam só realocados. Então é uma preocupação que você tem que ter, quando põe a tecnologia para substituir alguma atividade, tem que ser bem transparente, mostrando qual é o objetivo daquela iniciativa e qual é o resultado que se espera com essa iniciativa. Na engenharia de processo há bastante envolvimento… Eu acho que uma competência mandatória no futuro, já que tudo é projeto, os trabalhadores têm que ter a noção de PMO, Scrum e Ágil.	Blue colors envolvidos na coleta de informação para o desenvolvimento. Necessidade de envolvimento e transparência na implementação de novas tecnologias. White colors com mais envolvimento. Competência em gerenciamento de projetos ágeis.
O5	No chão de fábrica é baixíssima a tomada de decisão, mas o nível técnico sim, porque é ele que vai apresentar a tecnologia, mas também depende da gestão.	Blue color tomada de decisão baixa. White color maior tomada de decisão.

Quadro 12 - Análise de conteúdo qualitativo da entrevista com o GQML
(continuação)

Pergunta	Resposta condensada	Código
O6	Vai ter uma mudança na estrutura um pouco matricial, porque a indústria 4.0 envolve muito a inovação. No chão de fábrica é muito relativo. Se falamos de um chão de fábrica muito automatizado com takt time baixo, talvez tenha que existir um mudança de skills dos trabalhadores, mas se falarmos de uma linha de takt time alto, que o operador tenha mais ação, seria como interação com um celular mesmo, algo mais natural que ele já está acostumado com a tecnologia. Então o trabalhador da engenharia e qualidade terão que pensar diferente, trabalhando com novas tecnologias como Big Data.	Estrutura organizacional matricial na administração. Na operação dependerá da automatização. Competência em Big Data para os white colors.
O7	Nós não temos um KPI para indústria 4.0, pois acaba sendo consequência quando se acompanha a implementação das tecnologias habilitadoras. Sempre se foca mais na tecnologia, mas precisa focar em cultura e estrutura da organização também.	Não há objetivos específicos. Necessidade de objetivos relacionados com cultura e estrutura da organização.
O8	Com certeza, eu olho a indústria 4.0 no ciclo de vida do produto, então sempre terá um GAP para ser preenchido com alguma tecnologia, especialmente em pesquisa e desenvolvimento, pensando em inovação, e cadeia de suprimentos, tornando a empresa mais ágil.	Mudanças nos processos operacionais relacionados com I4.0.
O9	Sim, quando se pensa em inovação incremental, primeiro nível, já é uma melhoria contínua de forma indireta e garantia de qualidade.	Melhoria contínua e garantia de qualidade.
T1	White Collar será bem afetado, pensando em nível técnico. Já Blue Collar, depende da indústria, pois se tiver muitos processos manuais, não vai precisar dominar as tecnologias da indústria 4.0. Mas se tiver uma empresa muito mais automatizada, sim…	White Collar será bem afetado. Blue Collar será afetado se processo bem automatizado.
T2	Se vai automatizando a fábrica, o trabalhador terá muito mais contato com várias informações e vai ter que estar muito mais preparado para receber essas informações e tomar decisão com senso crítico. Saber lidar com diversas coisas ao mesmo tempo.	Trabalhador saber lidar com muita informação. Capacidade multidisciplinar.
T3	De forma geral, eu acho que não são consistentes, porque muitas pessoas não entendem direito e não fazem parte da estrutura do que é indústria 4.0. Aqui na empresa, criamos um treinamento e-learning sobre indústria 4.0 que todos fizeram, especialmente para os operadores, pois no começo tinha muito aquela questão que a indústria 4.0 vai substituir o homem, então quebramos esse paradigma. Para as pessoas de nível mais técnico, tem que conhecer a atividade dele e fazer um treinamento mais específico. Tentamos adequar cada um as suas atividades e desenvolver e fomentar o desenvolvimento, mas é importante que os trabalhadores vão atrás e se sintam estimulados. Treinamento e qualificação não é só a empresa que deve fornecer, a empresa deve criar o ambiente e as pessoas o interesse. Essa mudança tem muita responsabilidade da gestão, da empresa e também do trabalhador, pois tem que entender que se ele não fizer, daqui um tempo pode estar fora do mercado.	Competências e qualificações dos trabalhadores não são consistentes. Necessidade de esclarecer I4.0. White colors treinamento específico. Iniciativa dos trabalhadores em se capacitarem. Capacitação como manutenção da competitividade do trabalhador.

Quadro 12 - Análise de conteúdo qualitativo da entrevista com o GQML
(conclusão)

Pergunta	Resposta condensada	Código
T4	Desafio potencial é o conhecimento em programação, software, estatística e matemática aplicada. Outro desafio é a questão do conhecimento tácito, por exemplo um trabalhador que conhece muito de motor e que trabalha a vida inteira com isso. Ele já está com uma idade que não vai querer se modernizar, porém está vindo um trabalhador novo, como você vai passar esse conhecimento?	Desafio é conhecimento em programação, software, estatística e matemática aplicada. Desafio é o gerenciamento do conhecimento.
T5	A gente conversa bastante e buscamos iniciativas e ideias dos trabalhadores. Na implementação da tecnologia a gente busca envolver todas as pessoas para garantir aquela experiência do usuário, afinal quem vai acabar usando são eles, ajudando a se sentir parte do processo.	Trabalhadores como fonte de iniciativas. Blue colors como usuário da tecnologia.
T6	Isso é feito através do comitê com os representantes de cada área, por meio de iniciativas e dores também. …a comunicação de iniciativas acontece através do supervisor de operação e técnico operacional.	White colors com participação no comitê de I4.0. Blue colors envolvidos através dos líderes de produção.
I1	Um exemplo bem sucedido foi a implementação do MES com bastante feedback dos trabalhadores. Um não tão bem sucedido no início foi a implementação de um robô autônomo móvel para abastecimento de linha que no começo dava muito erro e os operadores não acreditavam na funcionalidade, além do ciúmes pelo robô fazer a atividade deles. Foi pensado em até cancelar a iniciativa pela rejeição e pelo número de falhas, mas persistimos. Para suprir esse desafio, envolvemos mais os operadores, trouxemos eles para o problema. Se o usuário tem uma experiência ruim, perde a credibilidade. A persistência nessas novas tecnologias precisa ter, ainda mais com tecnologias disruptivas.	Sucesso com a participação do blue color no desenvolvimento e implementação da tecnologia. Menos sucedido foram projetos que não envolveram os blue colors.

Fonte: Adaptado de Graneheim e Lundman (2004).

APÊNDICE B – Resumo da revisão literária

Item	Article Title	Authors	Objective	Findings	Research Question	Further Research	Limitations	Methodology	Practical Implications
1	The intelligent industry of the future: A survey on emerging trends, reseasrch challanges and opportuninies in Industry 4.0	Preuveneers and Ilie-Zudor (XXXX)	The survey reviews relevant system- and user-oriented research tracks of intelligent environments, and discusses non-trivial challenges specifically related to the design, the implementation and the evaluation of smart industry applications.	Industrial wireless networks much more flexible and cost-effective to install, gaining real-time insights to boost productivity, optimize resource efficiency, reduce interruptions, or minimize down time. (End-to-end integration) Context-aware mandatory for creating holistic view of all those collected information from wireless networks.	Challange: Discovery, modeling, distribution, and sharing of context information. Security as well as privacy and trust. (Knowledge management). The growing complexity of manufacturing requires new ways humans interact with those systems for problem solving or decision making.	Quality assurance for context-awareness behavior and knowledge management. Lack of literature to investigate the negative impact of improper decisions and how that may influencethe cost of automation. Guaranteeing predictable system behavior. The leterature seems to be focused more on avoiding errors rather than having contingency plans in place to be prepared for failures. Compliance regulations and legal implications.	No practical answer.	Literature review	Making Industry 4.0 applications smart requeires a holistic approach that further complicates the development process.
2	Ubiquitous Life Cycle Assessment (U-LAC): A proposed concept for environment and social impact assessment of industry 4.0.	Ardeshir Raihanian Mashhadi, Sara Behdad	Information and communication technology ICT has been drastically improved over the recent years, their enviroment and societal aspects are still disputable. Conventinal Life Cycle Assessment LCA techniques are unable to properly assess smart manufacturing. This papers aims to clarify potential environmental and social impacts of smart manufacturing and prepared for the development of adequate tools to address LCA to assess smart manufacturing.	Elevating the efficiency of technologies does not alleviate their environmental impacts. Self-awareness in LCA --> Ubiquitous life cycle assessments U-LCA, so the machine can have in real-time an assessment.	Uncertainty in the definition of the functional unit in LCA in smart manufacturing, since the concept of cloud, new business models, and resource and equipment sharing make it very difficult to define the physical boundary of enterprises and the scope of their responsibilities. Inability to address emerging systems and the lack of datasets. Consideration of steady-state systems not possible nowadays.	Just to make a LCA in real-time but no practical impact listed.	No practical impacts.	Literature review	The LCA in smart manufacturing must consider real-time information in order to provide a real-time impact.
3	Economic, social impacts and operation of smart factories in industry 4.0 focusing on simulation and artificial intelligence of collaborating robots.	Rabab Benotsmane, György Kovács and László Dudás.	Introduce the operation and concept of smart factories, focusing on application of collaborating autonomous robots applying AI. Summarize the economic and social operational requirements and impacts of smart factories and compares characteristics of the traditional factory and a smart factory.	Real case study was introduced for two collaborating robots applying AI, resulting in a time-savings of 5%. Social requirements: Highly skilled labor force for the programming and operation of the intelligent devices in smart factories. There will be replacement of workers by intelligent devices. The adequate number of specialized and well-trained workers have to be employed in order to maintain jobs and create new jobs. Workplace safety and labor law protection must be provided for the workers. Workers have to be trained for the concept of industry 4.0 to find optimal solutions in normal and abnormal production situations. More attractive levels of income and additional allowances. Efficient cooperation between management and trade unions.	Robots will be able to perfomr these calculations for themselves, as collaborating and intelligent robots.	There was no analytical analysys of robots collaborating, only a MatLab analysis of the optimal movement of the robot.	No robot collaboration was showed	Analytical methods and literature review	Smart factories requires well-trained workers. Educational system will be reorganized.
4	Smart HR 4.0 - how industry 4.0 is disrupting HR	Brijesh Sivathanu and Rajasshrie Pillai	Discuss the Smart Human Resources SHR disruptions.	Use the technologies to recruit the new generation, identify the skill gap of the employees and develop the talent					
5	Industry 4.0 key research topics: A bibliometric review	Dennis Trotta and Patrizia Garengo	Identify in the literature the keywords that better describe the industry 4.0 as well as the trend of its development.	CPS will require additional workers executing supervising tasks. Routinized jobs will disappear as these activities are going to be replaced by the machine automation. A important keyword for our topic is Human Resource Management HRM. The author underline the revelance of HR flexibility and its impact on organizational innovation and culture	HR deparment to choose whether is beneficial for companies to acquire those needed skills on the market or to train the old employees from the inside. Job polarization: Routinized (replaced by automation) and problem solving.	Lack of theory connected to the industry 4.0 topic. Updated literatura review with most recent topics.	Not updated	Literature review	
6	Industry 4.0 and human resources development: A view from Japan	Michela Riminucci	Approach of the Jponese government towards the impact of industry 4.0 implementation.	Not that much data available for the analysis. The plan is ambitious but not based in the reallity.	Job polarization and low-skilled to be replaced. Routine/non-routine tasks and manual/cognitive tasks.	More data to analyze the impacts.		Frey and Osborne model	

Item	Article Title	Authors	Objective	Findings	Research Question	Further Research	Limitations	Methodology	Practical Implications
7	Management approaches for Industry 4.0	Shamim, Cang, Yu and Li	Provide a view point about management practices suitable for providing climate of learning and innovation to the employes.	Organizational structure changes. Transformation leadership based on knowledge construct. Spending more time in recruitingin order to select the perfect candidate. Employees should receive the compensation based on individual, group, and organizational performance. Management by objective MBO. Willingness to abandon knowledge, experience, and investment to accommodate new technology.	The success in dependent on the innovation capability of enterprise.	Empirical and quantitative research in order to validate the arguments listed on the article.	Theory	Literature review	For I4.0 is necessary a climate of innovation and learning.
8	Industry 4.0: Challanges and opportunities in competency development for defence apparatus human resources	Wibowo, Legionosuko, Mahroza and Jaya	Show the importance of the human resource development in additional to defense equipments for warfare readiness.	Competency as the main foundation for all human resource management functions. Obtain a complete and comprehensive picture of the competencies of human resources and RI 4.0.	There must be regulations using the term competency development needs and planning to describe the planning process. An employee with a certain performance must get an appropriate competency development program so that they can give an optimal contribution to the organization. Leadership training.	Empirical research in order to evaluate the leadership training impact and define the some competency development.	Theory	Qualitative approach	
9	Human resources readiness for industry 4.0	Vrchota, Marikova, Rehor, Rolinek and Tousek	Describe the human resources prerequisites for the implementation of industry 4.0 in the Czech Republic and find link between the factors so they can improve them.	Partnerships between business and higher education intitutions might becomeeven more important in the future.	The readiness of Czech Republic as well as the areas to be improved.	Perform the research with up-to-date datas. Design methodologies to enhance competencies of future employess in the I4.0 period.		Data collection and statistics	
10	Role impact in knowledge management of automotive component firms in Indonesia	Silvianit and Ling	Find ways in which the industry can utilize KM Enabler factors in KM process as one of the main resources for work processes to improve company´s perfomance in the future	KM Process of capturing, storing, sharing, and using knowledge (tacit or explicit). KM Enablers as a corporate mechanism that consciously and consistently appplies to the development of knowledge within the company. Information Technology IT as the most important in the research.		What excatly must be performe in order to increase the KM.		Quatitative methods	
11	Integrated data and Knowledge management as key factor for Indutry 4.0	Meski, Belkadi, Laroche, Ladj and Furet 2019	Propose an integrated data and knowledge management strategy.	Problems in Integrated data: Lack of communication, complexity of linking networks, incompatibility between the technological solutions, absense of traceability operations and machine measures. For those datas, statistical methods are not enought. Additional knowledge requirements include business rules, expertise of operators, and lessons learned from experiences. It is essential to integrate.	Critical step is the initialization of the first rules that is a manual analysis.	GO deep in the initialization study in order to make it more feasible.	Medeling languade	Literature review	Data and knowledge must be integrated for a sucessfull implementation of Industry 4.0.
12	Opportunities of sustainable manufacturing in Industry 4.0	Stock and Seliger 2016	Present a state of the art review of industry 4.0 based on recent research and practice	For a susteainable implementation, must be considering 3 areas to be developed. Horizontal integration across the entire value creation network. End-to-end engineering across the entire product life cycle. Vertical integration and networked manufacturing system, where the HR being a part of the value chain.	The main trends in HR: The numbers of workers will decrease and the remaining manufacturing jobs will contain more knowledge work as well as more short-term and hadr-to-plan tasks. The organizational complexity will increase, therefore mor decentralized decision making.	Pilot experiences in order to anylize thoses trends.		Literature review	
13	Manufacturing Systems: Skills & Competencies for the future	Chryssolouris, 2013							
14	A scope review on digital englidh and Education 4.0 for Industry 4.0	Hariharasudan, 2018	Literatura review of the topics Digital English, Education 4.0 and Industry 4.0	The technology-based teaching and learning method is known as Education 4.0. It provides fo the needs of society in the innovative era.	One of the most common and imporant challanges while implementing Industry 4.0 is a lack of digital culture, training and knowledge.	Specifics studies on the Education 4.0 without interconnections.	No interconnections	Literatura/scope review	
15	Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview	Muhuri, 2018	Bibliometric analysis of the Industry 4.0 articles in WoS and Scopos	China and Germany as the countries with more publishers. The key word CPS and IoT has more frequency to appear.	Quatity and not Quality approach.	Include another plataforms, such as Google Scholar.	Quality	Literature review	
16	State-of-the-art Analysis on the knowledge and skills gaps on the topic on Industry 4.0 and the requirements for work-based learnig	Moldovan, 2019							

Item	Article Title	Authors	Objective	Findings	Research Question	Further Research	Limitations	Methodology	Practical Implications
17	Assessing the barriers to Industry 4.0 implementation from a workers perspective	Müller, 2019	Survey in order to identify the barriers in a Social Perspective	The top 2 concerns amoung the respondents are: Employee acceptance and lacking competencies and know-how. For employess acceptance, the possible reasons are: Fear of job losses, lacking of experience with new technologies and older employees fear that their competencies are insufficient, leading to job losses.. The possible reasons for lack of competencies are: Lack of qualification, especially IT-related competencies that were not required and thefore not trained for workers so far.	How to make the workers accpept the I4.0 Implementaiton	Investigate managerial as well as the employees assessment of I4.0 implementation. Broaden the responsers and topics.		Case study, systematic research	
18	Methodology for planning smart factory	Resman et al., 2021	Present a step-by-step methodology for planning smart factory	8 steps diveded into theory and virtual, considering that the workers competencies are te third step.		Refine the methodology		Literatura Review	
19	Conceptual Key Competency Model for Smart Factories in Production Process	Jerman et al., 2020	The aim of the study is to develop a conceptual key competency model for smart factories in production processes, focused on the automotive industry.	Based on the analysis of the data collected by structured interviews, we identified the key competencies that workers in smart factories in the automotive industry will need. The key competencies are technical skills, ICT skills, innovation and creativity, openness to learning, ability to accept and adapt to change, and various soft skills. For the purpose of the research, we used a semi-structured interview as a method of data collection. Participants were segmented into three homogeneous groups, which are industry experts, university professors and secondary education teachers, and government experts. In order to analyse the qualitative data, we used the method of content analysis.	RQ1: According to the interpretation of the participants of the study, what is the expected change in the competencies that will be needed in the production processes at the automotive smart factory in the future (by 2030)? RQ2: What key competencies do employees need to develop for the successful introduction of smart factories in the automotive industry?	future studies will make comparisons and eventually measure, for example, the impact of specific competencies on productivity, innovation etc. in 4.0 industry.		Interview	
20	Make-in-India and Industry 4.0: technology readiness of selected firms, barriers and socio-technical implication	Goswami and Daultani, 2021	Study differences between Make-in-India, Germany Industry 4.0 and Make-in-China and identify barriers.	Based on the performed interview with 10 differents companies, the common barrier is the resistence to change.				Interview	
21	Influences of the Industry 4.0 Revolution on the Human Capital Development and Consumer Behavior: A Systematic Review	Sima et al., 2020	Provide an overview related to influences os I4.0 revolution on Human Capital.	Several advantages of the industrial revolution 4.0 can be identified, namely: increasing economic efficiency, increasing labor productivity, flexibility and intelligence, reducing manufacturing costs, and increasing returns on investments. There are disadvantages to the Industrial 4.0 Revolution. The reduction of creativity can occur due to the automation of machines and the disappearance of human capital from the production technology. Human capital can generate controversy with its creativity, while devices are optimized, set up, and programmed to perform, despite the errors that may occur [23]. Increasing the unemployment rate, at least in some areas, can be another negative effect. Automation and robotization of production processes will mainly affect the sectors of workers whose work is repetitive and	It is necessary to adapt the education system to the new development requirements of the society. These characteristics require creative and inventive workers who are also endowed with expertise and skills to work in such environments. To meet the needs of the present and future labor market, the development of the labor force requires the development of necessary skills. They must become familiar with the technology of things (ToT), be capable of human-machine interactions, be able to access the technology-technology interfaces, proving that they possess a good understanding of the systems in the network, creativity, and innovation. To successfully cope with	Companies need to get involved and support education. Governments must support continuing education programs. Industry 4.0 needs Education 4.0. To meet the needs of the economy in the future, Education 4.0 must be viewed from a four-dimensional perspective: vocational education, entrepreneurial education, financial education, and digital education.			

Item	Article Title	Authors	Objective	Findings	Research Question	Further Research	Limitations	Methodology	Practical Implications
22	Analyzing Workforce 4.0 in the Fourth Industrial Revolution and proposing a road map from operations management perspective with fuzzy DEMATEL	Kazancoglu and Ozkan-Ozen, 2017	Present structural competency model, criteria for personnel selection for I4.0 and recruitment process in I4.0	The transformation process does not only affect the manufacturing systems but also there is a significant effect on the nature of work, which alters the expectations from employees in industry as well. Especially, in the departments related to operations management, personnel selection criteria are expected to change due to changing job profiles. Therefore, it is important to state new criteria for firms and ways to evaluate them. However, even the research works related to technical aspects of Industry 4.0 are common in the literature, there are only few studies which focus on the changes in workforce and none of them is related to new personnel selection criteria for Industry 4.0 needs.				Literatura Review	
23	The impact of technology development on the future of the labour market in the Slovak Republic	Navakova, 2020	By 2030, most of today's professions carried out by undergraduate people are expected to be automated, which can put pressure on people to change. The situation, which will arise in the labour market, is the replacement of individual work on the one hand, and the creation of new types of professions on the other.	In the long-term perspective, less-educated workers are particularly in a position exposed to the risks of automation and where the emphasis is on increasing investment in lifelong learning and retraining. An increasing need for coordination is also linked to these changes. This changes the position of workers to coordinators and problem solvers in case of unpredictable events. The network of excellent research facilities, as well as the deployment and support of training centres, should also serve to encourage the ongoing changes brought by the current industrial revolution. People usually initiate innovation, thereby human capital becomes crucial in the labour market. In today's rapidly evolving knowledge-based economy, digital skills such as collaboration, creativity, critical thinking, problem-solving, technical skills and communication and	Artificial intelligence (AI) is fundamentally different from previous inventions. Its constant approach to human intelligence can cause a large part of human labour to be replaced in all areas, production and services. AI is frequently presented as a significant threat to employment. However, this may be true especially in the case of Strong AI. The growth potential of the new technological expansion is dampened by skills gaps in both local and global labour markets. If the right policies and institutions are put in place, opportunities such as digitization, globalization and longer life can be hedged and risks mitigated. Despite the uncertain future, massive technological unemployment is unlikely to happen. The growing role of technology in life and			Literatura Review	
24	Strategic response to Industry 4.0: an empirical investigation on the Chinese automotive industry	Lin et al., 2018	Examine the strategic response o I4.0 fo chinese automotive industry and identify critical factors for its implementation.					Empirical analysis	
25	Can digitalization favour the emergence of innovative and sustainable business models? A qualitative exploration in the automotive sector	Acciarini et al., 2021	Digitalization forces comapnies to create, capture and deliver value in new ways, focusing on their social impact?	Organization are aware of the needs of transformation but they are uncertainregarding the actual adoption of new tecnologies. Analyses have shown that more digitally mature companies have a revenue growth rate six times higher than their less digitalized competitors. The positive impact of this is not only in terms of economic performance; employees in the digitally advanced firms also reported a 50% greater index of well-being at work. 2019). Despite the several advantages generated by technology, there are also some concerns, mainly related to the risk that automation could replace the existing workforce, that potential inequalities associated with the digital divide could increase and that health and security may suffer. In fact, another emerging aspect is the attention towards the three pillars of sustainability: economic, social and environmental.		#Important article for semi-structure interview. Grodal, S., Anteby, M. and Holm, A.L. (2020), "Achieving rigor in qualitative analysis: the role of active categorization in theory building", Academy of Management Review, Epub ahead of print 13 April. doi: 10.5465/amr.2018.0482.		Interview (semi-structured)	
26	Road to digital manufacturing – a longitudinal case-based analysis	Demeter et al., 2020	Examine the resource alteration underlying the digital manufacturing transformation.	Top managers should rely on their accumulated knowledge and involve them into the transfer coalition in the top-down phase of digitalization. Table with the tecnologies.				Longitudinal case study	
27	The Dream Factory	Abreu et al., 2020							

Fonte: Produção do próprio autor.