

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LETICYA HILÁRIO RADDI MIRA

FRAMEWORK PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DA
INDÚSTRIA 4.0

CURITIBA

2022

LETICYA HILÁRIO RADDI MIRA

FRAMEWORK PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DA
INDÚSTRIA 4.0

Dissertação de Mestrado Profissional apresentada
ao Programa de Pós-Graduação em Gestão
de Organizações, Liderança e Decisão, Setor de Ciências
Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, como
requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Pécora Junior
Coorientador: Prof. Dr. Fernando Deschamps

CURITIBA
2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

Mira, Leticya Hilário Raddi
Framework para implementação de projetos da indústria 4.0 /
Leticya Hilário Raddi Mira. – Curitiba, 2022.
1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná,
Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-
Graduação em Gestão de Organizações, Liderança e Decisão.
Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Pécora Junior.
Coorientador: Prof. Dr. Fernando Deschamps.

1. Automação industrial. 2. Tecnologias disruptivas.
3. Gestão de projetos. I. Pécora Junior, José Eduardo.
II. Deschamps, Fernando. III. Universidade Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Gestão de Organizações,
Liderança e Decisão. VI. Título.

Bibliotecária: Maria Lidiane Herculano Graciosa CRB-9/2008



TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação GESTÃO DE ORGANIZAÇÕES, LIDERANÇA E DECISÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **LETICYA HILÁRIO RADDI MIRA** intitulada: **Framework para implementação de projetos da indústria 4.0**, sob orientação do Prof. Dr. JOSÉ EDUARDO PÉCORA JUNIOR, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 19 de Maio de 2022.

Assinatura Eletrônica

27/06/2022 16:41:24.0

JOSÉ EDUARDO PÉCORA JUNIOR

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

28/07/2022 14:24:00.0

EDUARDO DE FREITAS ROCHA LOURES

Avaliador Externo (LABORATOIRE D'ANALYSE ET D'ARCHITECTURE DES SYSTEMES)

Assinatura Eletrônica

27/06/2022 22:12:45.0

EDUARDO ALVES PORTELA SANTOS

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

Existiu um processo até aqui, processo este que não começou em setembro de 2019 quando entrei no PPGOLD. Acredito que iniciou quando por deliberada opção e independente das restrições que isso gerasse a eles, meus pais sempre priorizaram minha educação, talvez por não terem priorizado a deles o quisessem fazer para mim. E como sou grata por isso.

Além desta priorização que começou com meus pais, encontrei “anjos” no caminho. Preciso aqui citar meu orientador Pécora, que com certeza acredita mais em mim do que eu mesma. Meu marido Ruan, que com amor me acompanhou e encorajou mesmo quando eu não tinha mais coragem ou paciência. Meu coorientador Deschamps, que sempre me desafiou a fazer mais e me deu clareza em várias dúvidas. Seria injusto não os citar pelo nome, mas também seria injusto não lembrar dos mestres, colegas e de todos que tiveram alguma participação nesta conquista. E com fé de cristã, tenho a certeza de que foi a mão de Deus em cada passo.

O mestrado para mim não é somente um título, é um desafio pessoal e cursá-lo na UFPR chega a ser um sonho não realizado na graduação. Faz parte de uma crença de que cada vez que se estuda sobre algo, cresce a noção do quanto ignoramos e o desafio de saber mais, de questionar a realidade e pensar qual o meu papel. Acredito que o estudo é capaz de trazer mudança, abrir horizontes e gerar uma inquietação saudável e construtiva, que incomoda e faz perceber quão pequena sou diante de um mundo de possibilidades, conhecimento e evolução. Não sou brilhante, para mim não foi fácil, só em processos seletivos foram três tentativas e este trabalho, houve muitos questionamentos, procrastinação e incertezas no processo. O mestrado ou minha vida sobre ser brilhante, é sobre continuar seguindo em frente, não desistir, acreditar a cada dia, priorizar a educação, estar disponível, fazer meu papel no trabalho, na família e na sociedade.

RESUMO

Empresas de diversos setores implementam projetos cotidianamente, em se tratando de tecnologias disruptivas como as da Indústria 4.0 nota-se uma falta de padrão nas metodologias de implementação de projetos, por isso observa-se a possível necessidade de etapas específicas, delimitadas e organizadas para uma melhor implementação dos projetos que envolvam tais tecnologias.

O propósito deste trabalho é propor um *framework* estruturado para a implementação de projetos da Indústria 4.0. Utilizando-se de revisão sistemática da literatura sobre o tema, a autora classifica os potenciais desafios e os fatores de sucesso para implementação de projetos que utilizem tecnologias disruptivas. Além disso, sugere um questionário semiestruturado para entrevistas com decisores em empresas que estrategicamente objetivem a transformação digital. Com base nestas entrevistas, análise dos casos e da literatura propõe-se o *framework* e indica etapas definidas como essenciais para a implementação de Projetos da Indústria 4.0, etapas estas que iniciam com a definição de prioridades estratégicas.

Palavras-chave: *framework*, projetos da indústria 4.0, metodologia de implementação de projetos.

ABSTRACT

Companies from various sectors implement projects on a daily basis, but when it comes to disruptive technologies such as Industry 4.0, there is a lack of standard in project implementation methodologies, so a possible need for specific, delimited and organized steps for a better implementation of projects involving such technologies is observed.

This dissertation aims to propose a structured framework for the Implementation of Industry 4.0 projects. Using a systematic review of the literature on the subject, the author classifies the potential challenges and success factors for implementing projects that use disruptive technologies. Furthermore, the author suggests a semi-structured questionnaire for interviews with decision-makers in companies strategically aiming at digital transformation. The proposed framework is based on these interviews and the reviewed literature and indicates steps defined as essential for the implementation of Industry 4.0 Projects, steps that start with the definition of strategic priorities.

Keywords: framework, Industry 4.0, project implementation methodology.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO ACERCA DO TEMA E OBJETO DE ESTUDO	10
1.1.1 Indústria 4.0.....	10
1.1.2 Projetos	11
1.2 PROBLEMA.....	14
1.3 OBJETIVO GERAL	14
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2 METODOLOGIA	15
3 REVISÃO DA LITERATURA	16
3.1 DISCUSSÃO ARTIGOS.....	19
3.1.1 Potenciais desafios	19
3.1.2 Etapas da Implementação	21
3.1.3 Fatores de Sucesso na Implementação.....	23
4 APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO E ANÁLISE DE CASOS	26
4.1 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS E TÉCNICA DE ANÁLISE.....	26
4.2 UNIDADES DE ANÁLISE, POPULAÇÃO, ÁREA DE APLICAÇÃO	27
4.3 MODELO INICIAL.....	28
5 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	32
5.1 RESUMO DA VISITA TÉCNICA E ENTREVISTAS	32
5.1.1 Visita técnica a indústria automobilística (Empresa A).....	32
5.1.2 Entrevistas indústria eletrodomésticos (Empresa B).....	34
5.1.3 Entrevista indústria alimentícia (Empresa C)	35
5.1.4 Entrevista indústria de máquinas agrícolas (Empresa D)	35
5.1.5 Entrevista indústria automação (Empresa E).....	36
5.1.6 Entrevista com consultoria de automação e tecnologia (Empresa F)	37
5.2 RESULTADOS.....	39
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
6.1 POTENCIAIS CONTRIBUIÇÕES PRÁTICAS E TEÓRICAS	47
6.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	47
6.3 CONCLUSÃO	47

REFERÊNCIAS.....	48
-------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO ACERCA DO TEMA E OBJETO DE ESTUDO

O trabalho aborda os desafios de implementação de novas tecnologias, também chamadas de disruptivas ou tecnologias 4.0, que vêm acompanhados de novas necessidades para uma gestão de projetos bem-sucedida. A autora busca através da literatura e do estudo de casos práticos em empresas que por premissa possuam uma estratégia de transformação digital identificar uma proposta que elucide etapas comuns de sucesso para tais projetos.

Esta seção é dividida em cinco partes, tem o objetivo de contextualizar o objeto e o tema a serem estudados e, de forma breve, trazer à tona os conceitos base do trabalho.

1.1.1 Indústria 4.0

Após as revoluções da Indústria 3.0 que abrange tópicos de automação e já aborda temas de tecnologia, temos a chamada de quarta revolução industrial. O termo Indústria 4.0 foi lançado em 2011 na Alemanha e está ocorrendo entre nós. Estudiosos acreditam que semelhante à internet que desafiou o mercado consumidor nos anos 90 e tornou-se vital, a Indústria 4.0 é potencialmente uma necessidade para Indústrias que desejam se manter competitivas (GHOBAKHLOO, 2018). Novos modelos de negócio e maneiras de melhoria na qualidade de produtos e serviços são resultados diretos da Indústria 4.0 (AHUETT-GARZA & KURFESS, 2018). A Indústria da manufatura está migrando da produção em massa para a personalização massiva de produtos, sendo este conceito atrelado à comunicação em todas as direções possíveis: humano x máquina, máquina x máquina e máquina x humano (KUMAR, SUHAIB & ASJAD, 2020), tornando melhores o gerenciamento da informação e a tomada de decisão (ŚLUSARCZYK, 2018).

Numerosos pesquisadores indicam que a Indústria 4.0 representa a capacidade dos componentes industriais comunicarem-se uns com os outros (Pan *et al*, 2015).

A literatura converge para considerar as tecnologias inovadoras e disruptivas mais utilizadas como sendo *IoT*, Cibersegurança, Automação, *Big Data Analytics*, Nuvem, *RFID*, Máquinas Inteligentes e Inteligência Artificial, Realidade Aumentada, *ERP*, Aplicativos Móveis, Impressão 3D, Inteligência de Negócios, Sistemas de Otimização, Robótica, Digitalização, Tecnologias de Sensores, Produtos Inteligentes e, M2M (FREDERICO, 2019).

A essência desta transformação está na interação de *CPS* (sensores, máquinas, espaços de trabalho e sistemas de informação) utilizando padrões de protocolo na cadeia de valor, o que cria condições completamente novas para o funcionamento das empresas e de seus funcionários, como exemplo é possível combinar informações externas e internas para uma melhor tomada de decisão. (POLLAK *et al*, 2020).

1.1.2 Projetos

As empresas precisam gerenciar o processo de transformação considerando dimensões múltiplas incluindo organizacional, financeira, técnica e aspectos produtivos. Para alcançar o objetivo pretendido com a Indústria 4.0 é necessário selecionar os projetos corretos e gerenciá-los através de avaliação holística destas dimensões, com incerteza e complexidade ampliadas pela característica disruptiva das tecnologias envolvidas em tais projetos (DEMIRCAN KESKIN, 2019).

A seleção dos projetos inicia-se na criação de um portfólio de projetos, nele estarão descritos os objetivos de cada projeto, formas de endereçar a estratégia da organização, riscos, incertezas, recursos necessários e compartilhados e interação entre os projetos sem exceder os recursos disponíveis além de não violar outras restrições. Esta é uma atividade complexa, pois existem objetivos contraditórios e múltiplos na organização e possivelmente nos projetos elencados, além disso quanto melhor este mapeamento maior a chance de conclusão dos projetos

escolhidos, uma vez que grande parte da interrupção de projetos antes da finalização deve-se ao não mapeamento de alguma restrição crítica. (GHASEMZADEH & ARCHER, 2000).

Nesta pesquisa foram citadas durante as entrevistas algumas metodologias utilizadas pelas empresas estudadas para implementação de seus projetos, desde modelos tradicionais de boas práticas como as descritas no *PMBok* do *Project Management Institute* (PMI) até metodologias ágeis como Scrum.

O *PMBok* trata-se de um guia de boas práticas desenvolvido pelo *Project Management Institute* (PMI), que são aplicáveis à maioria dos projetos na maioria das vezes, elaborado para identificar o conhecimento, processos, habilidades, ferramentas e técnicas sobre o gerenciamento de projetos, sendo estes qualificados como princípios básicos que podem ajudar no aumento das chances de sucesso de uma grande variedade de projetos. Orienta-se que o conhecimento descrito neste guia seja aplicado de forma direcionada a cada realidade organizacional com base em suas particularidades, não generalizando a aplicação a todo projeto. Agrupa os processos gerenciais em cinco categorias, sendo elas: (1) Iniciação: Definição de um novo projeto ou nova fase, com este é possível obter-se autorização para iniciar o projeto ou fase; (2) Planejamento: Definição do escopo do projeto, objetivos e curso de ações necessárias para atingir os resultados propostos; (3) Execução: Processos realizados para completar o trabalho definido no plano de gerenciamento do projeto; (4) Monitoramento e controle: Rastrear, revisar e monitorar o progresso e desempenho do projeto, identificando áreas onde seja necessária atenção especial ou modificação; (5) Fechamento: Finalização formal das atividades de uma etapa ou do projeto como um todo. Além disso são listadas pelo guia dez áreas de conhecimento, são elas: (1) Integração; (2) Escopo; (3) Tempo; (4) Custo; (5) Qualidade; (6) Recursos humanos; (7) Comunicação; (8) Risco; (9) Aquisições e (10) *Stakeholders*. (PMI, 2013).

Scrum trata-se de um *framework* estrutural utilizado desde 1990 para gerenciar trabalho em produtos complexos, prescrevendo quatro eventos formais para inspeção e adaptação, são eles: (1) Planejamento da *Sprint*; (2) Reunião diária; (3) Revisão da *Sprint*; e (4) Retrospectiva da *Sprint*. Também são delimitados times

Scrum compostos por um *Product Owner*, o Time de Desenvolvimento e um Scrum Master, estas equipes são auto-organizáveis e multifuncionais. As entregas realizam-se de forma iterativa e incremental, maximizando as oportunidades para *feedback* e correções e a disponibilidade de uma versão funcional sempre disponível. (SCHWABER, Ken & SUTHERLAND, Jeff., 2017)

Como não houve convergência entre os entrevistados quanto à metodologia padrão para tais projetos a autora propõe utilizar de base a metodologia PRINCE2 como estrutura para agregar ou suprimir etapas, por seu foco direcionado ao negócio e estágios específicos de entrega de produtos aderentes às boas práticas do *PMBOK* as materializando em muitos aspectos.

Segundo a metodologia PRINCE2 todo projeto introduz algum tipo de mudança no negócio, é temporário de forma que ao concluí-lo as operações comuns do negócio que sofreram algum ajuste durante o processo continuam seu cotidiano de execução, possui característica de integração por afetar várias pessoas e áreas, incerteza pelos riscos envolvidos mesmo que mínimos, e exclusividade pelo caráter de ser único mesmo que vários ocorram de forma simultânea.

Utilizado amplamente no Reino Unido, o acrônimo para *PRojects In Controlled* Environments (PRINCE2) trata-se de um método para gestão eficaz de um projeto em sete processos de: (1) Começando um projeto; (2) Direcionando um projeto; (3) Iniciando um projeto; (4) Controlando um estágio; (5) Gerenciando a entrega de produtos; (6) Gerenciando os limites; (7) Fechando um projeto. (LISBOA MELO *et al*, 2015). Considerando uma adaptação neste método, o mesmo torna-se bastante aplicável à gestão de implementação de projetos da indústria 4.0.

Projetos da Indústria 4.0 possuem uma incerteza adicional, mesmo que as tecnologias relacionadas já existam há algum tempo, normalmente trata-se de algo disruptivo para a implementação do caso concreto, com várias barreiras e desafios. Conceito aderente à pesquisa exploratória, uma vez que durante a implementação temos alteração por vezes drásticas no ambiente, nas tecnologias em si ou no próprio projeto.

1.2 PROBLEMA

Empresas de diversos setores implementam projetos cotidianamente, em se tratando de tecnologias disruptivas como as da Indústria 4.0 existe uma incerteza adicional, por isso observa-se a possível necessidade de etapas específicas na implementação de projetos que envolvam tais tecnologias. A pesquisa objetiva delimitar estas etapas, caso existam, analisando casos concretos e a literatura disponível.

Kumar, Suhaib e Asjad (2020) confirmaram que as três principais barreiras na implementação da indústria 4.0 são infraestrutura de TI, falta de apoio da gestão e alto investimento, esta última também foi citada por Herceg *et al* (2020), que analisando empresas com maturidade elevada em relação à transformação digital demonstraram também que a falta de habilidades e conhecimentos da força de trabalho se demonstra um obstáculo, sendo o treinamento e equiparação do conhecimento um pré-requisito para o sucesso do processo. Como esta implementação é feita por projetos segregados ou simultâneos, entende-se que tais barreiras também se estendem à implementação dos projetos da Indústria 4.0.

1.3 OBJETIVO GERAL

Sistematizar um *framework* para a gestão da implementação de projetos de Indústria 4.0.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar desafios específicos para implementação de projetos da Indústria 4.0 por sua natureza disruptiva;
- Identificar a existência ou não de etapas específicas para a gestão da implementação de projetos da Indústria 4.0;
- Estruturar as etapas identificadas em um framework que apoie a gestão de projetos da Indústria 4.0;

2 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa está dividida em três fontes de informação sendo a primeira a revisão sistemática da literatura, que traz a estrutura do que está sendo estudado academicamente a respeito dos desafios para a implementação e gestão de projetos da Indústria 4.0, fatores de sucesso, fatores de insucesso e serve de base para a elaboração do questionário. A aplicação do questionário é a segunda fonte de informação que enriquece o trabalho com casos práticos no método de estudo de casos múltiplos descrito por Yin (2015) por ser um fenômeno atual e estar em contexto real sem fronteiras claras entre o fenômeno e o contexto, além de ser limitado em dados quantitativos, outra característica deste método.

Por fim, as metodologias citadas nas entrevistas como PMBok e métodos ágeis são detalhadas na pesquisa como a terceira fonte de informação, trazendo uma sugestão adicional de *framework* base para as inserções. Desta forma o trabalho busca trazer para o ambiente acadêmico a riqueza de casos práticos, desafios cotidianos e, levar às empresas o que a literatura vem discutindo, estudando e enriquecendo.

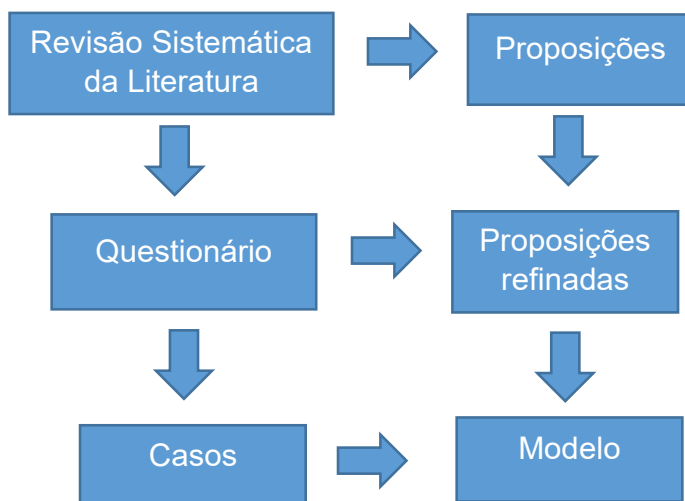


Figura 1: Metodologia

3 REVISÃO DA LITERATURA

Através do método *Proknow-c (Knowledge Development Process – Constructivist)* (ENSSLIN *et al.*, 2010 e CARVALHO *et al*) foram executadas as etapas para formação do portfólio bibliográfico que proporcionará a revisão de literatura. Iniciando-se pela definição dos eixos de pesquisa e termos de busca para a busca, o eixo “Indústria 4.0” trouxe as palavras “4.0” e “indust*” e o eixo “implementação de projetos” gerou as palavras “project*” e “implement*”. Tais palavras foram combinadas de duas formas: 4.0 AND implement* AND project* AND indust* / “implementation” AND “industry 4.0”.

Com as combinações definidas, optou-se pelas bases *Scopus* e *Web of Science*, resultando em 1.478 artigos publicados até 30/09/2020 sem restrição de período inicial, destes 869 foram indexados da *Scopus* e 609 da *Web of Science*, sendo 532 títulos repetidos, resultando em 946 para leitura de título e verificação de alinhamento com o tema.

Na leitura dos títulos foram excluídos da possível participação no portfólio bibliográfico 772 artigos por não estarem de acordo com o objeto da pesquisa, restando 174 trabalhos para filtragem por número de citações. O critério de corte adotado nesta etapa foram 12 citações, estando 49 trabalhos dentro deste critério de 89,8% das citações até a data de busca, sendo que 24 destes permaneceram na base após a leitura do resumo, uma vez que estavam alinhados com o tema da pesquisa. A base de 70 autores destes 24 artigos foi utilizada para análise de incremento do possível portfólio, porém ao buscar tais autores nos 23 trabalhos publicados há mais de dois anos, apenas um foi localizado, e não possuía resumo alinhado com o tema.

Dos 125 trabalhos que não alcançaram o número de citações suficientes para entrar na primeira seleção, 102 foram publicados nos últimos dois anos e 32 destes tiveram seus resumos alinhados com o tema. O filtro por não alinhamento, tanto nesta seleção quanto na anterior, eliminou-se artigos específicos para determinadas

tecnologias, trabalhos sem a amplitude de análise necessária, não abordando temas gerenciais e focados em determinados nichos de Indústria.

Somando os 24 artigos selecionados no primeiro filtro aos 32 incluídos na fase posterior totalizam-se 56 artigos com os resumos alinhados ao tema, deste total 4 não estão disponíveis na íntegra e 5 publicações não são de revistas. Sendo assim, portfólio bibliográfico contém 47 artigos para leitura completa. O afinamento do modelo está detalhado na figura 2.

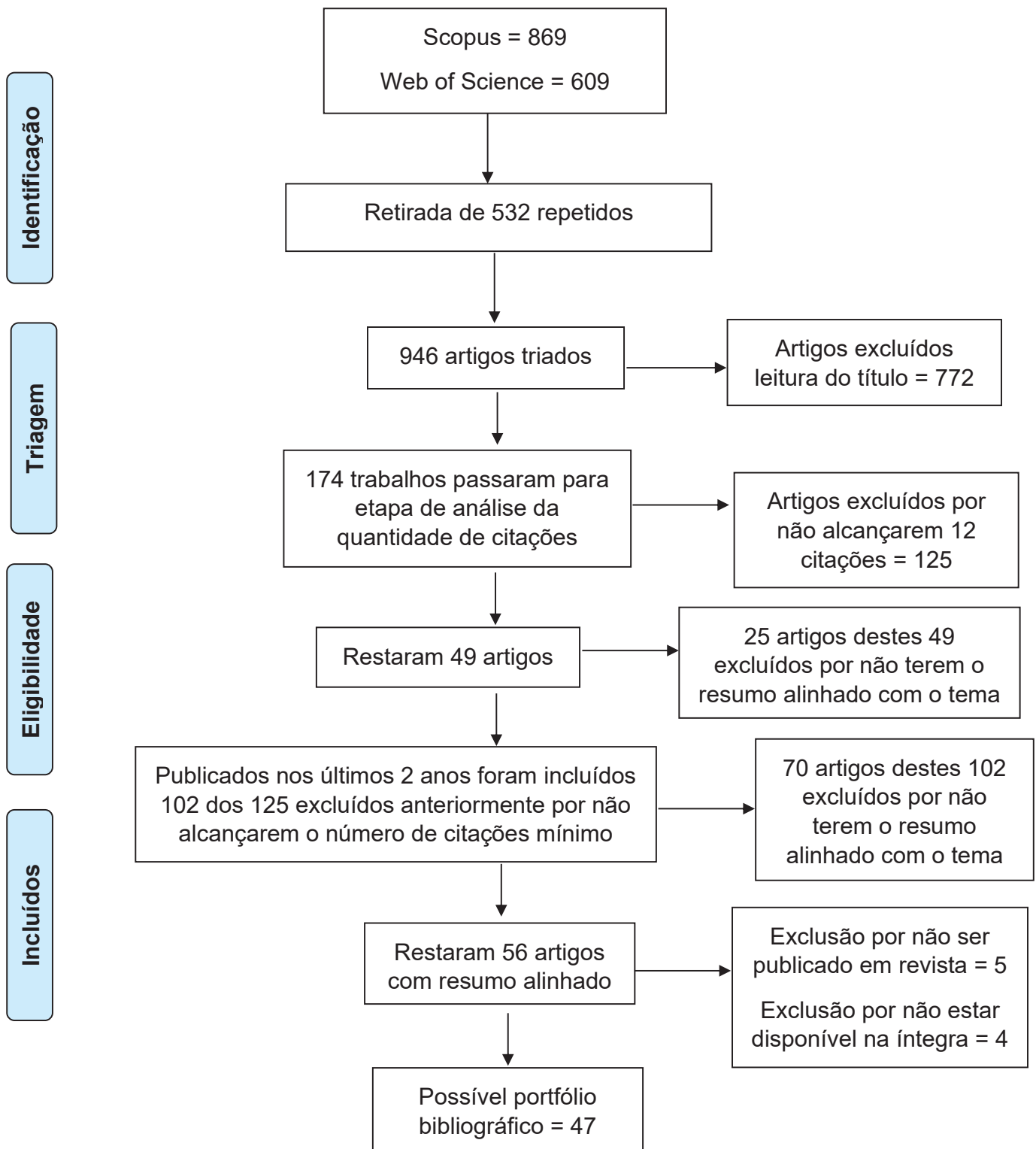


Figura 2: Proknow-c

3.1 DISCUSSÃO ARTIGOS

Nesta seção serão citados os artigos selecionados portfólio bibliográfico anteriormente detalhado, foram utilizados aqui os trabalhos que geraram incremento à pesquisa.

3.1.1 Potenciais desafios

Foram identificados na literatura os seguintes desafios para as implementações de projetos da Indústria 4.0:

1) Integração dos projetos:

A integração entre as novas tecnologias e as já existentes cria valor nos processos e gera a necessidade de analisar o ambiente atual antes da implementação tomando como base muitas vezes a modernização ou expansão do que já existe. VEILE, J.W. et al (2019).

2) Recursos humanos:

Pollak *et al* (2020) alerta como desafios para a implementação bem sucedida: atitude da equipe para a Indústria 4.0, falta de experts, falta de competências gerenciais, falta de conhecimento tecnológico e falta de tempo.

Existe uma falta de consenso quanto ao fato da I4.0 gerar mais empregos ou reduzir o número de vagas, ocupações rotineiras ou ocupações simples tendem a reduzir, sendo necessário treinamento adicional e requalificação, o que se torna um desafio social (BIRKEL, VEILE, MÜLLER, HARTMANN & VOIGT, 2019). A formação profissional que estas tecnologias demandam torna o treinamento um fator chave para a implementação bem-sucedida (WILKESMANN & WILKESMANN, 2017).

Kazancoglu e Ozkan-Ozen (2018) apontam uma significativa mudança na natureza do trabalho que altera as expectativas dos trabalhadores na Indústria, suas descrições de função e também sua forma de recrutamento, identificando como competências de destaque para profissionais na realidade 4.0 a capacidade de lidar com situações complexas, resolução de problemas em casos onde os mesmos se sobrepõem, conhecimento em tecnologia e interação com interfaces modernas, além da flexibilidade para adaptação a novas situações.

3) Comunicações:

A respeito da área de comunicação Kovaitè, Šūmakaris e Stankevičienė (2020) destacam a mudança da forma linear de comunicar para algo descentralizado e não mais controlável, com o advento de redes sociais há um compartilhamento de domínio entre os interlocutores e *stakeholders*. Os autores apontam que a mídia eletrônica é a melhor forma de abordagem na fase de conscientização sobre a aplicação das novas tecnologias, já na fase de aprendizado destaca-se a transmissão por áudio e vídeo e nas fases de aceitação, ação e acompanhamento as redes sociais.

Também são desafios para projetos da Indústria 4.0 os padrões de comunicação, coleta de dados no chão de fábrica de forma ágil, infraestrutura da rede e a segurança dos dados (AHUETT-GARZA & KURFESS, 2018).

4) Custo:

Um obstáculo ressaltado por Pollak *et al* (2020) é alto custo de implementação e dificuldade de demonstração do retorno de investimento. Schneider (2018) destaca que o alto investimento necessário para a implementação de tais projetos pode ser um obstáculo, além disso a constante evolução da tecnologia aumenta o risco do investimento.

A questão da disponibilidade de capital para investimento é bastante presente nos textos, porém como existe uma premissa de que o escopo desta

pesquisa envolve empresas com orientação estratégica para a transformação digital. A autora entende que existe um *budget* a ser investido nesta área para a amostra estudada, sendo necessário apenas avaliar em quais projetos o investimento ocorrerá dentro do portfólio de projetos.

5) Aquisição para projetos:

As empresas de tecnologia contratadas para implementar tais projetos acabam por conhecer o negócio de forma profunda, o que pode gerar um futuro mercado concorrente (CALABRESE, GHIRON & TIBURZI, 2020).

6) Apoio da alta gestão

A implementação de projetos e da Indústria 4.0 em si requer apoio da alta gestão, esta incentivará os funcionários a buscar novas soluções para os problemas e se engajar em um comportamento inovador incluindo o uso da Indústria 4.0. (Lenart-Gansiniec, R, 2019). Este apoio reflete uma cultura organizacional inovadora, aberta a novas possibilidades e faz com que a empresa já tenha um direcionamento de recursos financeiros para tais iniciativas.

2.1.2 Etapas da Implementação

Os padrões de implementação e os estágios de complexidade da Indústria 4.0 são descritos por Frank, Dalenogare e Ayala (2019) pela figura nível de complexidade na implementação de tecnologias da Indústria 4.0:

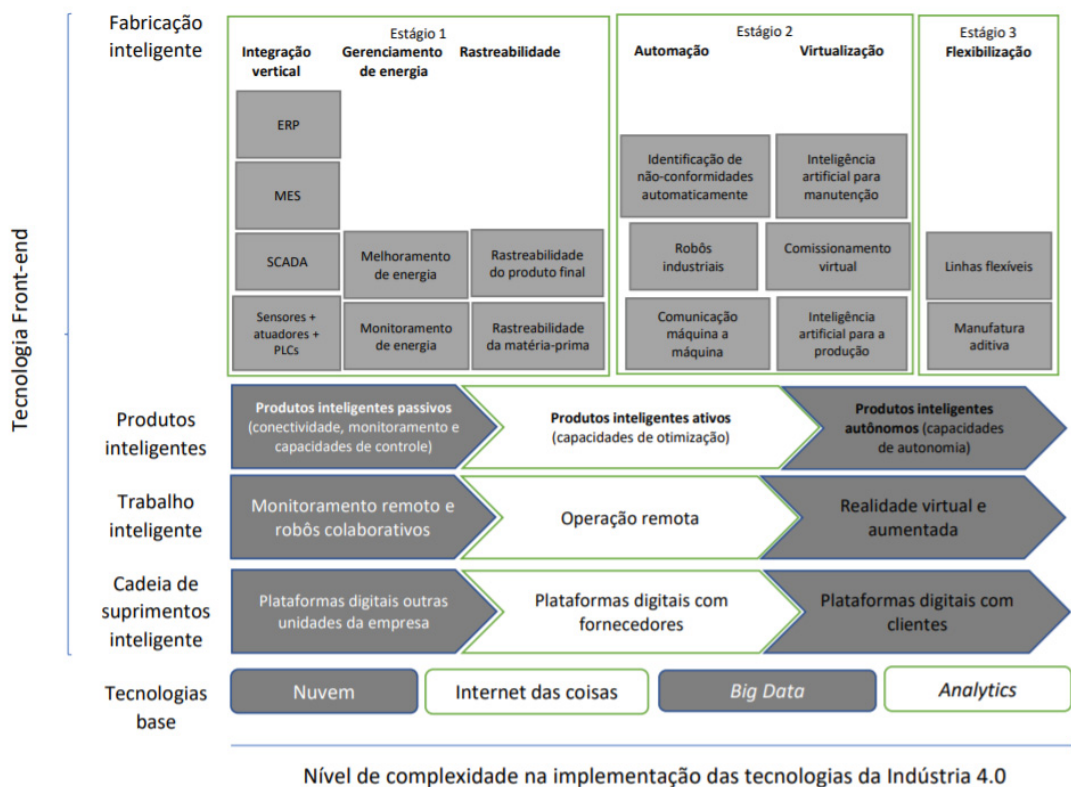


Figura 3: Nível de complexidade da implementação das tecnologias da Indústria 4.0, fonte Frank, Dalenogare & Ayala (2019).

Os autores descrevem três estágios distintos com base no nível de complexidade na implementação das tecnologias da Indústria 4.0, são eles:

Estágio 1: Inicial, utilizando nuvem e internet das coisas com plataformas digitais contendo informações de outras unidades da empresa, monitoramento remoto e robôs colaborativos, produtos inteligentes passivos com conectividade, monitoramento e capacidade de controle. Integração vertical por ERP (*Enterprise Resource Planning* ou em português Sistema de Gestão Integrado), MES (*Manufacturing Execution Systems* ou em português Sistema de Execução de Manufatura), SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition* ou em português Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados), sensores, atuadores e PLC's (*Programmable Logic Controller* ou em português Controladores Lógicos Programáveis). Gerenciamento de energia que possibilita monitorar e melhorar a utilização, rastreabilidade do produto final e da matéria-prima.

Estágio 2: Utiliza Internet das coisas e *Big Data*, estágio intermediário na implementação no qual a empresa já se comunica por plataformas digitais com fornecedores e não mais somente com outras unidades. Operação remota com produtos inteligentes ativos que possuem capacidade de otimização. Automação para identificar não-conformidades automaticamente com robôs industriais e comunicação máquina a máquina. Virtualização com inteligência artificial para manutenção e para a produção.

Estágio 3: Trata-se do último estágio detalhado pelos autores, onde é percebida a utilização de *Big Data* e *Analytics*. Plataformas digitais com clientes, realidade aumenta e produtos inteligentes autônomos com linhas flexíveis e manufatura aditiva.

Esta dissertação não pretende categorizar o estágio evolutivo de adoção da Indústria 4.0 e sim elaborar um *framework* com etapas para que independente do estágio a empresa tenha acesso a boas práticas de gestão da implementação, porém é importante o conhecimento das etapas para um acompanhamento evolutivo da maturidade neste aspecto.

Himang *et al* (2020) definiram três estágios de implementação, sendo eles pré-adoção, adoção e pós-adoção. Para cada um deles identificaram indicadores objetivando auxiliar tomadores de decisão, praticantes e *stakeholders* no planejamento, desenvolvimento de estratégias, alocação de recursos e avaliação de performance. Na fase de pré-adoção os indicadores são: (1) Compatibilidade, (2) Percepção de facilidade de uso, (3) Percepção de utilidade, (4) Experiência de fluxo, (5) Fontes de informação interna, (6) Fontes de informação externa, (7) Observabilidade, (8) Risco percebido, (9) Percepção do termo Indústria 4.0, (10) Importância subjetiva das tarefas e (11) Inovação tecnológica.

2.1.3 Fatores de Sucesso na Implementação

Em seu trabalho de revisão sistemática da literatura Hoyer, Gunawan e Reaiche (2020) localizaram nas pesquisas acadêmicas os seguintes fatores internos como chave na implementação de projetos da Indústria 4.0:

(1) Percepção aos benefícios da implementação refletida em flexibilidade operacional e eficiência, fator também ressaltado por Ghobakhloo (2019) como possibilitador e determinante para implementação de manufatura inteligente. A percepção dos envolvidos a nível gerencial na implementação de projetos da Indústria 4.0 é ainda falha no sentido de agregar valor ao mercado consumidor, porém bastante visível na melhoria do monitoramento do processo industrial (CALABRESE, GHIRON & TIBURZI, 2020).;

(2) Consideração estratégica como um direcionamento focal para Indústria 4.0, neste Sony e Naik (2019) sinalizam o alinhamento das iniciativas 4.0 com a estratégia da organização de forma geral o primeiro fator crítico de uma implementação de sucesso, o que norteia as decisões macro da empresa estando de acordo com tais iniciativas favorecerá muito para que a implementação seja bem-sucedida. O patrocínio do nível gerencial às iniciativas 4.0 é apontado por Sony e Naik (2019) como fator crítico de sucesso das iniciativas, principalmente os altos executivos, uma vez que se trata de uma mudança estrutural, que busca gerar integração vertical de subsistemas hierárquicos dentro de uma fábrica para criar um sistema flexível e configurável e integração horizontal por meio de redes de valor para facilitar a colaboração entre corporações.

(3) Maturidade da infraestrutura de TI algo aberto, flexível e com facilidade de integração a novas tecnologias: Sendo a melhoria da infraestrutura de tecnologia apontada por Contador *et al* (2020) como principal desafio para a implementação;

(4) Desenvolvimento interno de conhecimento e habilidades relacionados à transição para a Indústria 4.0, Hirsch-Kreinsen (2016) destaca as habilidades comportamentais e a inteligência social como fatores determinantes para a redução do risco de substituição de tal posto de trabalho pelas novas tecnologias;

(5) Experiências anteriores com *lean* tendem a incrementar as chances de sucesso da implementação 4.0; e

(6) a segurança e saúde ocupacional que podem ter seus níveis de risco alterados por tais implementações.

Sony e Naik (2019) também descrevem dez lições para gerentes de projetos em implementações de Indústria 4.0, são elas: (1) Avaliar a prontidão da

organização para tal implementação; (2) Gerenciar os investimentos iniciais; (3) Encantar os clientes através da Indústria 4.0; (4) Atingir vantagem competitiva através da estratégia de implementação; (5) Desenvolver agilidade organizacional; (6) Tornar a organização eficiente e efetiva pela Indústria 4.0; (7) Inovar a manufatura através da Indústria 4.0; (8) Qualidade e segurança do produto por meio da Indústria 4.0; (9) Benefícios econômicos e operacionais; e (10) Benefícios socioambientais.

O conhecimento e maturidade das tecnologias, apoio da alta direção, capacidade e vontade de aprendizado das equipes e integrações vertical e horizontal são apontadas como desafios que quando superados tornam-se marcos para o sucesso dos projetos.

Desafios potenciais	Descrição	Fatores de sucesso na implementação
Aquisição para projetos	Prestador de serviço tornar-se concorrente, receio de compartilhamento de dados (integração horizontal).	Desenvolvimento interno de conhecimento e habilidades relacionados à transição para a Indústria 4.0.
Apoio da Alta gestão	Cultura organizacional inovadora, incentivo à criatividade.	Consideração estratégica como um direcionamento focal para Indústria 4.0.
Comunicações	Descentralização dos dados, desafio do padrão de comunicação entre chão de fábrica e demais áreas.	Maturidade da infraestrutura de TI.
Custo	Constante evolução das tecnologias aumenta o risco do investimento. Premissa do trabalho que as empresas já tenham budget para inovação	
Integração dos projetos	Análise do ambiente atual, cuidado com fábrica de POC's.	Experiências anteriores com <i>lean</i> tendem a incrementar as chances de sucesso da implementação 4.0.
Recursos humanos	Competências gerenciais, conhecimento das tecnologias, flexibilidade para mudança.	Percepção aos benefícios da implementação refletida em flexibilidade operacional e eficiência.

Figura 4: Desafios potenciais x Fatores de sucesso na implementação de projetos da Indústria 4.0

4 APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO E ANÁLISE DE CASOS

4.1 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS E TÉCNICA DE ANÁLISE

Proposta de questionário semiestruturado de entrevista que instrumentalize a avaliação do modelo inicial a ser realizado em múltiplos setores das empresas selecionadas, foi organizado sob a luz das cinco dimensões práticas de Nicolini (2013), detalhadas por Floricel (2014):

(1) Trabalho e Esforço:

Objetiva elucidar as dificuldades e etapas para a realização dos projetos da Indústria 4.0.

- Existem etapas distintas para a implementação de projetos da Indústria 4.0 que não estejam presentes na implementação de projetos tradicionais (que não sejam disruptivos)?
- A empresa utiliza alguma metodologia ou *framework* específico para gestão da implementação de projetos da Indústria 4.0?

(2) Materialidade:

Mesmo com toda experiência e modelos disponíveis os projetos ainda são continuamente alterados ou os envolvidos comumente surpreendidos por dificuldades operacionais não mensuradas que acabam aparecendo com os projetos em andamento. Neste tópico o questionário abordará a materialidade do projeto e sua ligação com o negócio.

- Existia um problema real a ser resolvido?
- Qual o vínculo entre os projetos?
- Qual o impacto da implementação?

(3) Criatividade:

Pela característica disruptiva das tecnologias 4.0 este tópico do questionário objetiva trazer à tona a necessidade de atividade contínua nos projetos ligados a

tais iniciativas, buscando entender como as empresas estudadas estimulam a inovação e a retroalimentação das iniciativas.

- Trata-se de algo disruptivo?
- Como foi determinada a melhor tecnologia a ser aplicada para resolução deste problema?
- Como a empresa incentiva a criatividade e cultiva a proatividade dos envolvidos?

(4) Conhecimento:

O objetivo desta etapa é perceber como os ensinamentos e boas práticas são formados, compartilhados e absorvidos.

- Quais as melhores práticas observadas para projetos de sucesso envolvendo tecnologias disruptivas?
- Como estas melhores práticas (caso tenham identificado) são compartilhadas?
- Existe um ponto de checagem para confirmação da absorção de tais práticas?

(5) Interesses e poder:

A última seção de questões busca entender como se comporta a empresa estudada quanto à hierarquia, poder e agilidade de tomada de decisões. Também traz as barreiras e desafios encontrados nas implementações estudadas.

- Existe apoio da alta direção para a execução dos projetos da Indústria 4.0?
- Por que estes temas foram escolhidos para os projetos?
- Quais foram os envolvidos para tal escolha?
- Quais as barreiras críticas encontradas na implementação de tais projetos?

4.2 UNIDADES DE ANÁLISE, POPULAÇÃO, ÁREA DE APLICAÇÃO

Pretende-se estudar uma amostra da população de gestores de Indústrias de Curitiba e região, que possuam projetos aplicados a tecnologias da Indústria 4.0.

4.3 MODELO INICIAL

Com base na literatura e nas entrevistas foi identificada a necessidade de pontos adicionais e/ou específicos nas metodologias atualmente utilizadas que se direcionem para a transformação digital e não somente para projetos tradicionais. Para o *framework* inicial optou-se por utilizar a metodologia PRINCE2 e suas sete etapas (LISBOA MELO *et al*, 2015) como base para inserção de etapas específicas relacionadas com a Indústria 4.0, seus desafios, barreiras e etapas de implementação.

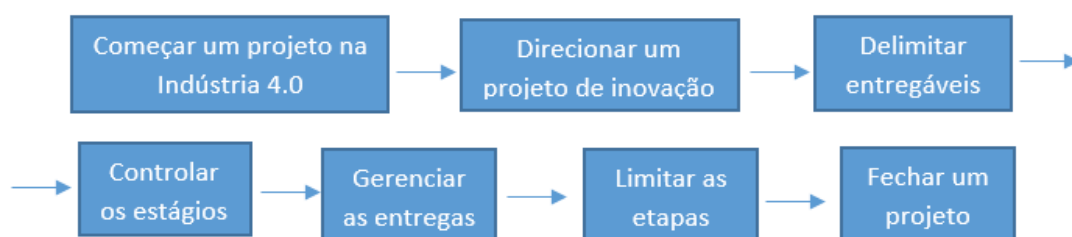


Figura 5: *Framework* para implementação de projetos da Indústria 4.0 (Modelo inicial)

(1) Começar um projeto na Indústria 4.0:

Ponto de partida que envolve o primeiro passo para a concretização futura. Neste ponto analisa-se a viabilidade do projeto e um filtro de ideias seguindo as mais relevantes, prioritárias e viáveis. Premissas de escopo, cronograma, restrições e critérios de aceite definidos.

(1.1) Estratégia da empresa para inovação;

Aqui é importante ressaltar a prontidão da empresa em todas as dimensões (alta direção, gerencial, cadeias de valor, digitalização, funcionários...) para a implementação de tais projetos e o estágio de maturidade.

(1.2) Ponto focal na empresa que observe todos os projetos e tenha autonomia para contestá-los e/ou conectá-los;

(1.3) Gerenciamento do investimento inicial;

(2) Direcionar um projeto de inovação:

Delimitar as decisões necessárias para que o projeto seja entregue dentro do planejado sem sair do controle e sem limitar totalmente sua evolução pela característica de constante mudança das tecnologias que envolvem a indústria 4.0. Orientação mais executiva, sem entrar nos detalhes gerenciados pelo gerente de projetos. Garante que o fluxo de informação esteja claro e fluido.

(2.1) Equipe com viés de aprendizado contínuo;

(2.2) Conhecimento das tecnologias disponíveis;

(3) Delimitar entregáveis:

Processo estabelece bases e faz com que a organização entenda o esforço necessário para a entrega do projeto, objetiva reduzir as chances de insucesso pela transparência e compartilhamento de informações. Nesta etapa o projeto ainda não foi iniciado de fato, então ao perceber algum risco adicional não mapeado os envolvidos podem sinalizá-lo e caso este inviabilize o projeto é possível não seguir e redirecionar o investimento.

Entendimento em três partes:

Qual?

- Qual problema se pretende resolver? Qual a necessidade do projeto? Quais os motivadores para o projeto?
- Qual melhoria vamos propor? Quais os benefícios do projeto?
- Quais produtos ou serviços deverão ser entregues?

Para resposta a esta questão muitas vezes são necessárias provas de conceito.

- Qual o escopo inicial do projeto?
- Qual o formato e periodicidade de envio das informações?
- Quais os riscos do projeto para as áreas envolvidas e a empresa como um todo?

Como?

- Como os produtos serão entregues?
- Como será entregue com a qualidade esperada?

- Como os *issues*, riscos e mudanças serão identificados, avaliados e controlados?
- Como o processo será monitorado e controlado?
- Como as práticas ou métodos de gerenciamento de projetos utilizados na organização serão adaptados ao projeto?
- Como o resultado será alcançado?

Quem?

- Quem participará da tomada de decisão do projeto?
Sendo relevante uma equipe multidisciplinar, com poder de decisão, que consiga conectar o projeto entre as áreas;
- Quem necessita de informação do projeto?
- Quem é responsável?
Para responder esta pergunta é importante a participação de um usuário final do resultado do projeto, isso facilita a evolução do projeto para a linha.

(4) Controlar os estágios:

Esta etapa envolve a execução do trabalho do Gerente de Projetos e visa controle de *issues* e riscos do projeto, identificação de qualquer possibilidade de atraso, entregas com qualidade, custo, prazo e esforço esperados.

(4.1) Com as informações em tempo real entregues pelas tecnologias utilizadas na gestão dos projetos é possível ajustar o direcionamento destes a partir de cada incremento, esta é uma característica dos modelos ágeis de gerenciamento que resulta em economia de tempo e recursos, pontos de checagem em espaços menores de tempo podem ser utilizados no controle de um estágio.

(5) Gerenciar as entregas:

Foco no trabalho do gerente de equipe especialista assegurando que os produtos sejam entregues por sua equipe conforme o planejado. Melhor definição dos requisitos de aceite, execução e entrega.

(5.1) Vantagem competitiva pela agilidade ao lidar com incerteza em produtos de inovação. Quanto mais rápida a resposta à mudança mais competitiva a empresa será.

(6) Limitar as etapas:

Todos os estágios possuem um marco ou limite que define seu encerramento para que um novo estágio se inicie, este processo de gerenciamento de limite é acionado quando uma das fases finaliza para que outra inicie. Nos modelos ágeis tal estágio/ etapa é denominado incremento. Antes da evolução de etapas o Comitê Diretor (nível executivo citado na etapa dois) deve aprovar a continuidade do projeto, avaliando se ele continua aderente ao negócio e com riscos em nível aceitável.

(7) Fechar um projeto:

Objetiva fornecer a confirmação da aceitação final do produto do projeto, reconhecer os que os objetivos estabelecidos foram alcançados ou que o projeto não pode mais contribuir ou agregar valor ao negócio de forma satisfatória para que siga.

Nesta etapa é necessário confirmar que o resultado do projeto se tornou parte do negócio, através da confirmação do usuário final. Para projetos de inovação relacionados à indústria 4.0 destaca-se a importância da formalização das lições aprendidas para que todas as áreas envolvidas possam consultar e partir deste ponto nas novas iniciativas.

5 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

5.1 RESUMO DA VISITA TÉCNICA E ENTREVISTAS

5.1.1 Visita técnica a indústria automobilística (Empesa A)

Houve um roteiro proposto pela empresa dividido em visitas a duas partes da linha de produção, Montagem Final e Cabines, uma apresentação institucional e uma reunião com o Gerente de Planejamento e PMOI Indústria 4.0 no LAB de inovação.

Durante a visita à linha de produção foi possível observar um enorme senso de organização. A produção é do tipo puxada, com média de tempo de 360 minutos para conclusão de cada caminhão, uma vez que produzidos simultaneamente a fábrica é capaz de realizar uma conclusão a cada 7 minutos. O *layout* da linha apresenta supermercado de peças na construção dos chassis logo no início e posteriormente na montagem da cabine. O espaço para circulação em cada posto de trabalho bem com no trânsito para abastecimento da produção é bem preservado e bastante amplo. Não há instrução de trabalho na linha de produção e os níveis de comando resumem-se a líder da célula e a gerência de produção. Desta maneira há uma responsabilidade compartilhada entre produção e qualidade. Isto também é possível em função do baixo “*turn-over*” e a modalidade de treinamento das funções de produção ocorrem em “*on the job training*”. Em média os colaboradores têm longo tempo de prestação de serviço, isto se deve um pouco à parceria com o SESI dentro da unidade da fábrica. Essa característica confere credibilidade e comprometimento ao processo produtivo, porém transforma-se em um desafio maior à introdução de novas tecnologias, porque a resistência é um pouco maior, além da presença forte do sindicato conforme relata pelo gestor de inovação. Por fim, a linha de produção recebe as cabines pintadas em outro local, esse processo além de mais oneroso, aumenta a complexidade logística e o risco de problemas de qualidade.

A qualidade utiliza coletores de dados (*android*) em etapas específicas durante o processo produtivo. Previamente programado com sistema conectado que contempla rastreabilidade de atividades e peças, permite verificação de diferentes pontos de controle ao longo do processo produtivo. A linha tem um ponto em que os AGV (*automated guided vehicle*) dispõem de 5 postos de trabalhos paralelos e na saída, respeitada a ordem de produção, há uma verificação de qualidade em tempo real. Segundo um dos responsáveis por guiar a visita, as cabines são inspecionadas por uma tecnologia, sistema Bosch, com capacidade de identificação de muitos tipos de defeitos de pintura, tais como casca de laranja, riscos e outros.

A estrutura de inovação é extremamente reduzida, há duas pessoas envolvidas com parte do tempo nessas aplicações. Entretanto todo o corpo de engenharia de alguma forma participa dos projetos, após aprovação de testes, principalmente na construção de *Proof of Cocept (PoC)* funcionais e efetivas. Os projetos de inovação, estão sob responsabilidade do departamento de TI, passam por uma equipe multidisciplinar de avaliação e por etapas que contemplam segurança, protótipo, aumento da escala, análise de viabilidade, entre outros. E o modelo de negócio para inovação adota muitas parcerias com fornecedores SIEMENS, KUKA, T Systems e *start ups*. Essas últimas devem, via de regra, comprovar sua efetividade antes de ser formalizada uma parceria. Isto é feito através da solução de algum problema real da organização. As parcerias com *startups* de maior sucesso direcionam para aquelas com maior bagagem e capacitação, as que foram citadas são de origens norte americanas, suíças e outras. O PMO de inovação, declarou que houve uma melhoria de 15% no desempenho logístico com os projetos de interligação de sistemas.

Ao questionarmos sobre a necessidade de qualificação do profissional que procuram no mercado o responsável foi taxativo em responder que hoje a maior carência da companhia são recursos que consigam avaliar os fornecedores de tecnologia, para tal avaliação é necessário que se saiba de ciência de dados e programação. A equipe atual é bastante madura e não tem grandes dificuldades na

execução de projetos já mapeados, o desafio é inovar em um produto que já é considerado ótimo, trazendo melhorias além da mobilidade, um exemplo citado foi agregar ao caminhão uma tecnologia da IBM de reconhecimento de solo, para que o próprio veículo consiga recomendar o melhor tratamento para aquela região determinada por onde passou. A mentalidade de negócios futuros tem um olhar voltado para a disponibilidade de mobilidade mais do que vender produtos, ou seja, voltada para fornecer serviços que agreguem valor.

5.1.2 Entrevistas indústria eletrodomésticos (Empresa B)

Foram entrevistados dois profissionais da mesma empresa: um a nível de execução e outro de decisão. Tratamos da transformação digital que a companhia vem trilhando e como traçaram esta rota até aqui.

Inicialmente foi feita uma pesquisa pelo decisor em questão, buscando palestras, *benchmark*, análise de metodologias ágeis e tratando com *startups* e *hubs* de Inovação como o CUBO em São Paulo. A partir desta pesquisa ele apresentou um panorama geral do que estava acontecendo para o *board* da empresa e com base nisso decidiram criar a área de transformação digital que patrocinou a *Digital Week*, um evento onde este conhecimento deveria ser divulgado para as áreas da empresa como um todo. Nestes dias de evento junto com a FIEP (Federação das Indústrias do Estado do Paraná) ocorreu um *design sprint*, no qual os times trabalharam em *sprint* de um dia. Em paralelo a isso, o SENAI CIMATEC estava trabalhando em um processo crítico da empresa, decidiram caminhar por *digital twin*, mas a TI não estava preparada para gerar os dados necessários para tal solução. Neste momento veio a percepção de que precisavam realmente de um nivelamento de vários setores, uma vez que a nova forma de trabalho envolveria uma diversidade de áreas. Tal nivelamento foi chamado de *Digital Innovation Journey*, este seria um curso prático e não somente teórico, para falar de indústria 4.0 para todas estas pessoas despertando o interesse nelas, sem a necessidade de formar especialistas no tema.

Os participantes foram divididos em vinte e uma equipes de quatro a cinco pessoas por equipe, que deveriam apresentar durante esta jornada uma aplicação

prática do que aprenderam dentro da realidade da empresa. Tentaram focar e direcionar as pessoas para problemas reais evitando o deslumbramento pela tecnologia que foi bastante comum em alguns casos. Quando isso ocorria as perguntas feitas eram “existe um problema real e se resolver?”, “esta é a solução mais viável para este problema?”, “qual o impacto e relevância disso para a empresa?”. Estes times foram divididos basicamente por áreas e uma pessoa de TI para suportá-los, mas acabaram buscando algumas soluções em *startups* ou outras fontes e indo além para apresentarem suas propostas da melhor forma possível. Na apresentação final envolvem o *C level*.

Via de regra a empresa utiliza *PM book*, mas tem tentado aplicar alguns conceitos de *agile* principalmente para *PoC*. O desafio atual é manter a equipe criativa, não podar ideias e ao mesmo tempo conseguir levar a reflexão de soluções viáveis, depois do treinamento ter finalizado talvez tenham um comitê de transformação digital que seja contínuo.

5.1.3 Entrevista indústria alimentícia (Empresa C)

Neste caso os projetos são centralizados em um único executor, o que facilita o controle. Ele expôs alguns casos de restrição da equipe da fábrica à mudança por parte da equipe.

Trata-se de uma fábrica nova então não ocorreu um processo longo de transição, apenas mudaram de uma linha para outra quando a nova planta ficou pronta. Utilizam basicamente o *PM book* e hoje não diferenciam a metodologia de implementação de projetos tradicionais para os projetos 4.0. No início da pandemia a operação do grupo sofreu uma redução considerável na demanda, os dados e a conectividade dos equipamentos ajudaram a não gerar excessos de produção e a reagirem de forma rápida a esta mudança não esperada.

5.1.4 Entrevista indústria de máquinas agrícolas (Empresa D)

Antes da pandemia o grupo estava em fase de experimentação. Trata-se de uma multinacional francesa com cultura de expansão por aquisição e mais de cento e cinquenta anos de história. A empresa em suas aquisições não costuma

impor sua cultura, sendo assim observam-se várias culturas na mesma companhia observando plantas distintas.

Há um direcionamento pela experimentação 4.0, o apoio do C level neste sentido orienta que cada unidade tenha um case ao menos de transformação digital. Porém, quando se fala de aquisições na manufatura com equipamentos de alto valor agregado, dificilmente as compras não possuem algo de conectividade, pois buscam-se máquinas que sejam instaladas para ficar uma média de dez anos em produção.

Nesta entrevista notou-se uma característica essencial em equipes decisoras de aquisições de itens de inovação, a necessidade de ouvir, principalmente os especialistas dos equipamentos que serão adquiridos. O entrevistado ressaltou o processo de pesquisa trazendo os principais players do mercado e perguntando a eles o que seu equipamento teria para oferecer de novo, esta rodada de negociação e planejamento dos projetos de implementação de novos equipamentos foi ressaltada como a diferença entre projetos tradicionais e projetos 4.0. O entrevistado exemplificou que um projeto de oito meses de duração pode despendar cerca de seis meses nesta fase de análise e negociação. Os dados dos equipamentos ainda são subutilizados, pois o ERP é antigo e não consegue ainda realizar uma integração, mas está no roadmap da empresa esta troca de ERP. A utilização dos dados até que esta substituição ocorra é feita em Excel, mesmo com a subutilização, os dados já ajudam na acuracidade dos custos por exemplo. Utilizam um pouco de PM book e alguns dos conceitos Scrum, como as reuniões diárias.

5.1.5 Entrevista indústria automação (Empresa E)

O grupo objetiva ser reconhecido como lead provider e lead user de tecnologias 4.0 e tem um posicionamento estratégico muito definido nesta realidade de revolução tecnológica. Por volta de 2016 iniciou-se um projeto massivo de mudança cultural da empresa, saindo de um estereótipo alemão com muita hierarquia, pouca escuta e muita ordem, para uma transformação onde ocorre o empoderamento das equipes e as pessoas são o centro e não somente parte da

mudança. Os desdobramentos da indústria 4.0 começaram mais ou menos um ano depois deste projeto de mudança cultural, por volta de 2017.

O entrevistado entende que não existem etapas diferentes na implementação dos projetos após a sua definição. O que muda em sua percepção é a questão da equipe multidisciplinar, normalmente contendo experts de TI e cientistas de dados, e também a fase de escolha da tecnologia. Ele explicou que não há um processo formal para definição de qual tecnologia aplicar para determinado problema levantado, existe sim uma análise, mas ocorre empiricamente em equipes multidisciplinares onde os times são trazidos para conversar e darem suas opiniões, pois a empresa entendeu que a tecnologia pode ser a melhor do mundo, porém se o usuário não utilizar, ela não será benéfica para a empresa. Utilizam metodologia A3 para projetos em geral, algumas demandas de TI enquadram-se em Scrum e estão utilizando metodologias ágeis com esquadrões autônomos em uma transferência de produção atualmente. As decisões são tomadas a nível de planta, considerando os direcionamentos globais e também as realidades nacionais e também de cada localidade, a planta em questão tem uma característica vanguardista em se comparando às demais.

5.1.6 Entrevista com consultoria de automação e tecnologia (Empresa F)

O entrevistado soma experiências anteriores à atual com relação ao tema transformação digital. A empresa onde se encontra hoje presta consultoria para automação e transformação digital para indústrias. Compartilhou que nos últimos anos percebeu a frustração de muitas empresas no Brasil que caíram em armadilhas como partir da tecnologia ao invés de partir do problema de negócio, olhar pontual enquanto deveriam ter uma visão sistêmica, buscar a transformação digital apenas pelo pilar da tecnologia e do processo sem se atentar para a questão da cultura e das pessoas.

Sua percepção é que uma boa prática para a transformação digital seria ter um plano robusto que direcione estrategicamente as ações, mas ao mesmo tempo permite uma gestão ágil, partindo dos problemas de negócio. Este direcionamento estratégico quando vai ao encontro dos problemas de negócio

facilitando muito a priorização dos projetos, estratégias de sustentabilidade podem superar ROI em determinadas empresas por exemplo, e isso somente o direcionamento estratégico consegue direcionar.

Uma recomendação também citada por ele foi uma esteira de reinvestimento, para que os projetos não sejam isolados e ocorra de fato uma transformação digital em seu entendimento é necessário que ao menos parte do resultado de uma iniciativa 4.0 seja reinvestido em outra iniciativa 4.0, isso gera um fluxo que se retroalimenta.

Declarou-se uma pessoa não presa a metodologia, PM book, métodos ágeis ou outros, na prática o que presenciou nas grandes transformações da indústria foi o entendimento das estratégias das empresas e de seus problemas de negócio, visitar plantas, propor *design thinking* para construir em conjunto com as equipes, workshops de ideação para que os executores possam conhecer benchmarks não somente de indústrias similares, mas também de realidades de seguimentos distintos. Ressaltou a importância do patrocínio do *C level* e a dificuldade que as indústrias têm enfrentado em escalar a transformação digital.

	Dimensões de Nicolini				
	Trabalho e esforço	Materialidade	Criatividade	Conhecimento	Interesses e poder
B	Criação da área de transformação digital com apoio do C level . Em geral utilizam PM book tentando aplicar alguns conceitos de metodologias ágeis.	Sempre questionam se existe um problema real a ser resolvido para evitar deslumbramento pela tecnologia disponível.	Desafio atual incentivo à criatividade através de comitê de transformação digital.	Evento para divulgação entre todas as áreas dos conceitos de indústria 4.0. Além disso pela dificuldade de necessidade de nivelamento promoveram uma jornada de inovação como curso com viés prático.	Decisor analisa os projetos como um todo buscando mesmo ao recusar uma ideia não limitar a criatividade de quem a teve.
C	Utilizam PM book e hoje não diferenciam a metodologia de implementação de projetos 4.0 e projetos tradicionais.	Projetos centralizados em um executor apoiado pelo C level .			Resistência da equipe à mudança.
D	Utilizam PM book e alguns conceitos de Scrum.	Rodada de negociação entre os principais <i>players</i> do mercado como o diferencial dos projetos 4.0.	Necessidade de ouvir, principalmente os especialistas dos equipamentos que serão adquiridos.	Entre os concorrentes no processo de análise das possibilidades são coletadas as informações de mercado para a escolha.	Direcionamento pela experimentação 4.0 com apoio do C level .
E	Equipe multidisciplinar com experts de TI e cientistas e dados. Fase de definição da tecnologia é o grande diferencial de um projeto 4.0 para um projeto tradicional.		Mudança cultural patrocinada pelo C level anterior à implementação dos projetos da Indústria 4.0. Pessoas no centro da transformação .		Não há processo formal para definição da tecnologia a ser escolhida, existe uma análise dentro da equipe multidisciplinar.
F	Alerta sobre necessidade de um plano robusto que direcione estrategicamente as ações .	Com base no plano estratégico bem definido a empresa tem mais facilidade de definir os projetos que seguirão ou não.	Proposta de <i>design thinking</i> para construir em conjunto com as equipes, <i>workshops</i> de ideação e <i>benchmarks</i> em seguimentos similares e distintos.	Dificuldade das empresas em escalar a transformação digital pela falta de alinhamento com um plano estratégico robusto anterior à transformação digital .	Importância do patrocínio do C level .

Figura 6: Consolidado entrevistas X Dimensões de Nicolini.

5.2 RESULTADOS

Das entrevistas realizadas e com base na literatura concluem-se os seguintes pontos como fatores determinantes para a transformação digital das empresas estudadas:

Estratégia da empresa para a transformação digital/ apoio C level:

É premissa para a transformação digital que a empresa tenha uma estratégia alinhada para esta mudança, isso necessariamente vem com um patrocínio do C level. Não tendo este apoio dificilmente as iniciativas gerarão resultados efetivos. Apontado por Hoyer, Gunawan e Reaiche (2020) e Sony e Naik (2019) como fator crítico de uma implementação de sucesso.

Pessoas como o centro da transformação:

Não somente parte da mudança as pessoas representam o centro, isso exige uma mudança de cultura em algumas organizações, com empoderamento das equipes, escuta, participação e estímulo à criatividade. A melhor tecnologia pode ser implantada, o melhor processo pode estar desenhado, se as pessoas não absorverem e não utilizarem todo o investimento é em vão. Nesta centralização das pessoas também há o despertar do interesse pelo aprendizado das tecnologias e das novas habilidades necessárias para a transformação digital. A mudança significativa apontada por Kazancoglu e Ozkan-Ozen (2018) identifica como competências de destaque para profissionais na realidade 4.0 a capacidade de lidar com situações complexas, resolução de problemas em casos em que os mesmos se sobrepõem, além da flexibilidade para adaptação a novas situações.

Importância de um problema real a ser resolvido:

A existência de um problema que de fato necessita ser resolvido é fator primordial para o sucesso e seguimento de qualquer projeto. Ao avaliar o problema sugere-se pensar em sua relevância e no custo de sua possível solução comparado ao retorno financeiro que esta trará. Nesta etapa alguns projetos já não são viáveis pois podem não ter um problema que seja realmente percebido pela organização ou então ter seu custo de solução maior que o possível retorno. Para VEILE, J.W. *et al* (2019) é importante observar se a integração entre as novas tecnologias e as já existentes cria valor nos processos, analisando-se o ambiente atual antes da decisão por qualquer implementação, tomando como base muitas vezes a modernização ou expansão do que já existe.

Aderência da tecnologia selecionada ao problema:

É comum que ocorra o deslumbramento do usuário pela tecnologia ofertada, isso pode criar uma tendência a buscar um problema que se encaixe naquela solução. A recomendação é que sempre se comece pelo problema para então achar a tecnologia para sua solução. Ao iniciar pela tecnologia buscando por um problema

o risco de criar um problema não existente de fato é grande. Ghasemzadeh e Archer (2000) destacam a importância da seleção correta de portfólio de projetos, atividade complexa que alinha os objetivos contraditórios e múltiplos da organização, a aderência da tecnologia selecionada ao problema é um fator de suma importância na seleção de projetos da Indústria 4.0.

Criatividade para propor soluções diversas:

Sendo a criatividade uma das dimensões práticas de Nicolini (2013) e detalhada por Floricel (2014), nota-se que mesmo problema pode ter inúmeras soluções possíveis e prováveis, sendo assim incentivar a criatividade é parte do trabalho e um desafio para gestores que lideram equipes em projetos da indústria 4.0. Não recusar ideias mesmo que os problemas não sejam os mais relevantes, sendo parte deste incentivo à criatividade. Problemas não tão grandes podem gerar grandes oportunidades desde que sejam desenvolvidos da maneira correta.

Necessidade de nivelamento do conhecimento entre os envolvidos:

O modelo tradicional de trabalho limita as responsabilidades de cada um dos setores, uma das premissas da indústria 4.0 é a interrelação entre os projetos e entre as áreas. Um dos principais desafios citados pelo entrevistado foi esta nova forma de trabalho entre as áreas, o TI por exemplo não precisa mais somente cuidar dos dados replicados em nuvem de seu departamento, vez que foi gerada uma necessidade de replicar dados retirados direto da fábrica e para que respondam de forma satisfatória é preciso que entendam o novo cenário. Herceg *et al* (2020), ressalta que como obstáculo para implementações bem-sucedidas a falta de habilidades e conhecimentos da equipe, sendo o treinamento e equiparação do conhecimento um pré-requisito para o sucesso do processo.

Conhecimento das tecnologias disponíveis:

Através de *benchmark*, com apoio de consultorias, pelos fornecedores já padrões de mercado ou com a ajuda de *startups* é necessário conhecer mais de

uma solução para o mesmo problema. Analisando de forma ampla e com a criatividade já citada em tópico anterior entende-se que haverá mais sucesso na implementação. Pollak *et al* (2020) cita a falta de conhecimento tecnológico como um desafio para a implementação bem-sucedida.

5.3 MODELO VALIDADO

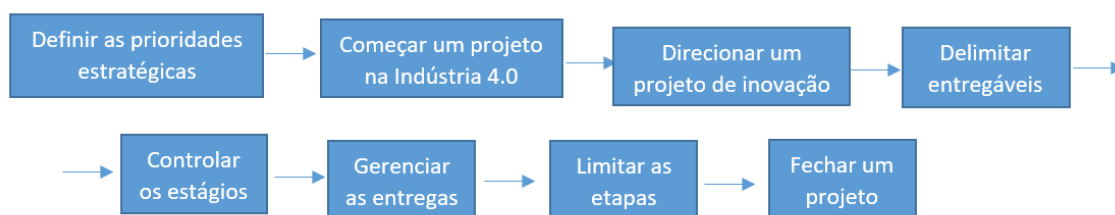


Figura 7: *Framework* para implementação de projetos da Indústria 4.0 (Modelo validado)

Figura 7: *Framework* para implementação de projetos da Indústria 4.0 (Modelo validado)

(1) Definir prioridades estratégicas

Para ter uma implementação robusta e bem-sucedida identificou-se nas entrevistas de validação do modelo a necessidade de definição prévia das prioridades estratégicas da companhia. Os direcionadores ordenados por priorização serão o alicerce para a decisão dos projetos e podem ser: Maior competitividade, redução de custo, aumento da capacidade produtiva, melhoria da qualidade do produto, maior segurança, sustentabilidade, entre outros. Com base nesta lista de desafios e interesses será mais coerente a análise das tecnologias.

(2) Começar um projeto na Indústria 4.0:

Ponto de partida que envolve o primeiro passo para a concretização futura. Neste ponto analisa-se a viabilidade do projeto, se possível por análise de ROI (retorno do investimento), e um filtro de ideias seguindo as mais relevantes, prioritárias e viáveis. Premissas de escopo, cronograma, restrições e critérios de aceite definidos.

(2.1) Estratégia da empresa para inovação;

Aqui é importante ressaltar a prontidão da empresa em todas as dimensões (alta direção, gerencial, cadeias de valor, digitalização, funcionários...) para a implementação de tais projetos e o estágio de maturidade.

- (2.2) Ponto focal na empresa que observe todos os projetos e tenha autonomia para contestá-los e/ou conectá-los;
- (2.3) Gerenciamento do investimento inicial e busca de recursos para este investimento caso não seja próprio. Existem linhas de crédito específicas para fomento da indústria.

(3) Direcionar um projeto de inovação:

Delimitar as decisões necessárias para que o projeto seja entregue dentro do planejado sem sair do controle, e também, sem limitar totalmente sua evolução pela característica de constante mudança das tecnologias que envolvem a indústria 4.0. Orientação mais executiva, sem entrar nos detalhes gerenciados pelo gerente de projetos. Garante que o fluxo de informação esteja claro e fluido.

- (3.1) Equipe com viés de aprendizado contínuo;
- (3.2) Conhecimento das tecnologias disponíveis;

(4) Delimitar entregáveis:

Processo estabelece bases e faz com que a organização entenda o esforço necessário para a entrega do projeto, objetiva reduzir as chances de insucesso pela transparência e compartilhamento de informações. Nesta etapa o projeto ainda não foi iniciado de fato, então ao perceber algum risco adicional não mapeado os envolvidos podem sinalizá-lo e caso este inviabilize o projeto é possível não seguir e redirecionar o investimento.

Entendimento em três partes:

Qual?

- Qual problema se pretende resolver? Qual a necessidade do projeto? Quais os motivadores para o projeto?
- Qual melhoria vamos propor? Quais os benefícios do projeto?

- Quais produtos ou serviços deverão ser entregues?

Para resposta a esta questão muitas vezes são necessárias provas de conceito.

- Qual o escopo inicial do projeto?
- Qual o formato e periodicidade de envio das informações?
- Quais os riscos do projeto para as áreas envolvidas e a empresa como um todo?

Como?

- Como os produtos serão entregues?
- Como será entregue com a qualidade esperada?
- Como os *issues*, riscos e mudanças serão identificados, avaliados e controlados?
- Como o processo será monitorado e controlado?
- Como as práticas ou métodos de gerenciamento de projetos utilizados na organização serão adaptados ao projeto?
- Como o resultado será alcançado?

Quem?

- Quem participará da tomada de decisão do projeto?

Sendo relevante uma equipe multidisciplinar, com poder de decisão, que consiga conectar o projeto entre as áreas;

- Quem necessita de informação do projeto?
- Quem é responsável?

Para responder esta pergunta é importante a participação de um usuário final do resultado do projeto, isso facilita a evolução do projeto para a linha.

(5) Controlar os estágios:

Esta etapa envolve a execução do trabalho do Gerente de Projetos e visa controle de *issues* e riscos do projeto, identificação de qualquer possibilidade de atraso, entregas com qualidade, custo, prazo e esforço esperados.

(5.1) Com as informações em tempo real entregues pelas tecnologias utilizadas na gestão dos projetos é possível ajustar o direcionamento

destes a partir de cada incremento, esta é uma característica dos modelos ágeis de gerenciamento que resulta em economia de tempo e recursos, pontos de checagem em espaços menores de tempo podem ser utilizados no controle de um estágio.

(6) Gerenciar as entregas:

Foco no trabalho do gerente de equipe especialista assegurando que os produtos sejam entregues por sua equipe conforme o planejado. Melhor definição dos requisitos de aceite, execução e entrega.

(6.1) Vantagem competitiva pela agilidade ao lidar com incerteza em produtos de inovação. Quanto mais rápida a resposta à mudança mais competitiva a empresa será.

(7) Limitar as etapas:

Todos os estágios possuem um marco ou limite que define seu encerramento para que um novo estágio se inicie, este processo de gerenciamento de limite é acionado quando uma das fases finaliza para que outra inicie. Nos modelos ágeis tal estágio/ etapa é denominado incremento. Antes da evolução de etapas o Comitê Diretor (nível executivo citado na etapa dois) deve aprovar a continuidade do projeto, avaliando se ele continua aderente ao negócio e com riscos em nível aceitável.

(8) Fechar um projeto:

Objetiva fornecer a confirmação da aceitação final do produto do projeto, reconhecer os que os objetivos estabelecidos foram alcançados ou que o projeto não pode mais contribuir ou agregar valor ao negócio de forma satisfatória para que siga.

Nesta etapa é necessário confirmar que o resultado do projeto se tornou parte do negócio, através da confirmação do usuário final e verificação da escalabilidade. Para projetos de inovação relacionados à indústria 4.0 destaca-se a importância da

formalização das lições aprendidas para que todas as áreas envolvidas possam consultar e partir deste ponto nas novas iniciativas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 POTENCIAIS CONTRIBUIÇÕES PRÁTICAS E TEÓRICAS

Objetiva-se resultar um *framework* sistematizado para a gestão da implementação de projetos de Indústria 4.0 que elucide em etapas claras as boas práticas de projetos que envolvam tecnologias disruptivas.

6.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

A implementação de projetos da Indústria 4.0 trata-se de algo complexo, vinculado à estratégia da empresa e transformador, a pesquisa atual não é capaz de analisar todos os âmbitos de mudança e elencar um *framework* completo o bastante para acompanhar tamanha complexidade. Com isso, a autora busca contribuir academicamente e na prática empresarial elencando etapas que sendo seguidas melhorem de forma perceptível a gestão de tais implementações, mas não é objetivo desta pesquisa abranger a empresa como um todo ou as etapas de mudança na organização de forma total e completa.

6.3 CONCLUSÃO

A jornada em direção à Indústria 4.0 é um processo evolutivo, onde as tecnologias por sua característica necessariamente disruptiva tornam os investimentos de maior risco e a necessidade de aprendizado contínuo não opcional, mas imprescindível. Existe uma adaptação constante a novos produtos e serviços, e até mesmo a novos mercados.

O *framework* proposto busca englobar os principais requisitos a serem observados durante esta jornada para facilitar a implementação de projetos da Indústria 4.0, sem deixar de considerar as particularidades de cada empresa. O trabalho demonstrou desafios relevantes, fatores de sucesso e experiências práticas de implementação.

REFERÊNCIAS

AHUETT-GARZA, H.; KURFESS, T. A brief discussion on the trends of habilitating Technologies for Industry 4.0 and Smart Manufacturing. **Manufacturing Letters**, 2018.

BIRKEL, H.S. *et al.* Development of a Risk Framework for Industry 4.0 in the context of Sustainability for Established Manufacturers. **Sustainability** v. 11, p. 384, 2019.

CALABRESE, A.; LEVIALDI GHIRON, N.; TIBURZI, L. 'Evolutions' and 'revolutions' in manufacturers' implementation of industry 4.0: a literature review, a multiple case study, and a conceptual framework. **Production Planning & Control**, 2020.

CARVALHO, G.D.G *et al.* *Bibliometrics and systematic reviews: a comparison between the Proknow-C and the Mtedhod Ordinatio. Journal of Informetrics*, 2020.

CONTADOR, J.C. *et al.* Flexibility in the Brazilian Industry 4.0: Challenges and Opportunities. **Global Journal of Flexible Systems Management**, 2020.

DEMIRCAN KESKIN, F. A two-stage fuzzy approach for Industry 4.0 project portfolio selection within criteria and project interdependencies context. **J Multi-Crit Decis Anal.** p. 1-19, 2019.

ENSSLIN, L. *et al.* ProKnow-C, knowledge development process - constructivist. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao **INPI**, 2010.

FLORICEL, S. Extending Project management research: Insights from social theories, **International Journal of Project Management**, v. 32 p. 1091-1107, 2014.

FRANK, A.G.; DALENOGARE, L.S.; AYALA, N.F. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. **International Journal of Production Economics**, v. 210, p. 15-26, 2019.

FREDERICO, G.F. *et al.* Supply Chain 4.0: concepts, maturity and research agenda. **Supply Chain Management: An International Journal**, p. 1-21, 2019.

GHASEMZADEH, F., & ARCHER, N. P. Project portfolio selection through decision support. **Decision support systems**, v. 29, p. 73–88, 2000.

GHOBAKHLOO, M. Determinants of information and digital technology implementation for smart manufacturing. **International Journal of Production Research**, 2019.

GHOBAKHLOO, M. The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 29 n° 6, p. 910-936, 2018.

HERCEG, I. V. *et al.* Challenges and Driving Forces for Industry 4.0 Implementation. **Sustainability**, v. 12, 2020

HIMANG, C. *et al.* Definings Stages of the industry 4.0 adoption via indicators sets. **Engineering Management in Production and Services**, v.12, p. 32-55, 2020.

HIRSCH-KREINSEN, H. Digitization of industrial work: development paths and prospects. **J Labour Market Res**, v.49, p. 1-14, 2016.

HOYER, C.; GUNAWAN, I.; REAICHE, C.H. The Implementation of Industry 4.0 – A Systematic Literature Review of the Key Factors. **Syst Res Behav Sci**, p. 1-22, 2020.

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.

KOVAITÈ, K.; ŠŪMAKARIS, P.; & STANKEVIČIENÈ, J. Digital Communication Channels in Industry 4.0 Implementation: The role of internal communications. **Journal of Contemporary Management Issues**, v. 25, p. 171-191, 2020.

KUMAR, S.; SUHAIB, M. & ASJAD, M. Analyzing the Barriers to Industry 4.0 Through Best-Worst Method. **International Journal of Performability Engineering**, v. 16, p. 27-36, 2020.

LENART-GANSINIEC, R. Organizational Learning in Industry 4.0. **Problemy Zarządzania – Management Issues**, v. 17, p. 96–108, 2019

LISBOA MELO, J. *et al.* Guia preparatório para a certificação PRINCE2 Foundation. Editora Nova Terra, v. 2, 2015.

NICOLINI, D. Practice Theory, Work and Organization. An Introduction. **Oxford University Press**, 2013.

PAN, M., SIKORSKI, J. *et al.* Applying Industry 4.0 to the Jurong Island Eco-industrial Park. **Energy Procedia**, 2015.

Project Management Institute (PMI). A Guide to the Project management body of knowledge. **Project Management Institute, Inc**, 2013.

POLLAK, A. *et al.* A Framework of Action for Implementation of Industry 4.0. an Empirically Based Research. **Sustainability**, v. 12, 2020.

SCHNEIDER, P. Managerial Challenges of Industry 4.0: An Empirically Backed Research Agenda for a Nascent Field. **Review of Managerial Science**, 2018.

SCHWABER, Ken & SUTHERLAND, Jeff. Guia Scrum Um guia definitivo para o Scrum: As regras do Jogo. **Attribution Share-Alike da Creative Commons**, 2017.

ŚLUSARCZYK, B. Industry 4.0 – Are we ready? **Polish Journal of Management Studies**, v. 17 n° 1, p. 232 a 248, 2018

SONY, M.; NAIK, S.S. Critical factors for the successful implementation of Industry 4.0: a review and future research direction. **Production Planning & Control**, 2019.

SONY, M.; NAIK, S.S. Ten lessons for managers while implementing industry 4.0. **IEEE Engineering Management Review**, v. 47 n° 2, p. 45-52 2019.

VEILE, J.W. *et al.* Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry. **Journal of Manufacturing Technology Management**. 2019

WILKESMANN, M., WILKESMANN, U. Industry 4.0 – organizing routines or innovations? **VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems**, 2017

YIN, ROBERT K. Estudo de Caso: planejamento e métodos. Porto Alegre: **Bookman**, 2015.