

GERENCIAMENTO DE RISCOS EM PROJETOS NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0: UM ESTUDO DE CASO

PROJECT RISK MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0: A CASE STUDY

Francine Domingos de Paula* E-mail: francinedpaula@gmail.com

Maria Júlia Xavier Belém* E-mail: mariajulia@pecege.com

Daniel Luis Garrido Monaro* E-mail: danielmonaro@pecege.com

*PECEGE ESALQ USP, Piracicaba, São Paulo, Brasil

Resumo: O advento da Indústria 4.0 trouxe impactos diretos aos processos produtivos, bem como mudanças na gestão de projetos. Novos contextos de gerenciamento, desenvolvimento, interfaces, tecnologias e interligações levam a sistemas mais complexos, que se desdobram em riscos compostos e impactam nas etapas de identificação e avaliação dos riscos. O objetivo desse trabalho foi a investigação do processo de planejamento no gerenciamento de riscos em projetos voltados para a Indústria 4.0, de maneira a apresentar novas possíveis ameaças introduzidas pelo ecossistema. O estudo apresentou a concepção de análise de maturidade, através de uma sucinta revisão bibliográfica. Foram levantados riscos específicos para o contexto, classificando-os nas áreas estruturais propostas nas referências, com aplicação prática em um projeto de solução de conectividade em uma indústria fabricante de máquinas industriais. Os riscos foram selecionados, adaptados ao projeto e avaliados. Foi realizado um paralelo entre o conceito de maturidade das organizações e a avaliação das ameaças, propondo a elaboração de um índice gráfico de visualização. A avaliação serviu como ferramenta para nivelamento das informações dentro da companhia, permitindo um maior entendimento dos possíveis desafios que podem ser encontrados e contribuiu para a quebra de paradigmas internos na gestão de riscos de projeto.

Palavras-chave: Incertezas; Maturidade; Quarta Revolução Industrial; Avaliação de Riscos; Classificação de Riscos.

Abstract: The advent of Industry 4.0 has brought direct impacts to production processes as well as changes in project management. New management contexts, development, interfaces, technologies, and interconnections lead to more complex systems, which unfold in composite risks and impact the stages of risk identification and assessment. The aim of this work was the investigation of the planning process in risk management of projects focused on Industry 4.0, to present new possible threats introduced by the ecosystem. The study presented the maturity analysis conception, through a brief literature review. Specific risks for the context were raised and classified in the structural areas proposed in the references, with practical application in a connectivity solution project in an industry of industrial machinery manufacturing. The risks were selected, adapted to the project, and evaluated. A parallel between the concept of maturity of the organizations and the evaluation of the threats were performed and a graphic visualization index were elaborated. The evaluation served as a tool for leveling the information within the company, allowing a greater understanding of the possible challenges that may be encountered and contributed to break internal paradigms in project risk management.

Keywords: Uncertainty; Maturity; Fourth Industrial Revolution; Risk Assessment; Risk Classification.

1 INTRODUÇÃO

Incertezas são consideradas aspectos inerentes à gestão e podem ser traduzidas como falta de informação (RABECHINI JR., 2019). Os riscos são os efeitos que essas incertezas trazem para atingir os objetivos do projeto (ISO, 2018). Risco também pode ser entendido como evento ou condição incerta que, se ocorre, traz ameaças (em caso negativo) ou oportunidades (se positivo) a algum aspecto do projeto, além de ser uma função da probabilidade de sua ocorrência e de seu impacto, caso exista (RABECHINI JR., 2019).

Nesse contexto, o advento da Indústria 4.0 pode levar à introdução de novos riscos para o projeto. Isso acontece em decorrência da maior complexidade sistêmica gerada a partir das novas estruturas de informação, metodologias e ferramentas (TUPA *et al.*, 2017).

O termo Indústria 4.0 foi apresentado em 2011 em uma iniciativa estratégica do governo alemão (BROCAL *et al.*, 2019). Esse conceito pode ser definido como a integração de tecnologias através de sistemas ciber-físicos, “Cyber-Physical Systems [CPS]”, para geração de valor na indústria (BIRKEL *et al.*, 2019; KONDILOGLU *et al.*, 2017). Sistemas ciber-físicos podem ser entendidos como a integração das áreas de computação, redes e elementos físicos (TUPA *et al.*, 2017). Esses complexos de fábricas inteligentes integrados ao CPS consistem em, resumidamente, nove campos tecnológicos: robôs autônomos, Internet das Coisas [IoT], “big data”, simulações (gêmeos digitais), integração de sistemas (tanto vertical quanto horizontal), computação em nuvem, cibersegurança, manufatura aditiva e realidade aumentada ou virtual (HIRMAN *et al.*, 2019).

Pode-se afirmar que mercados competitivos despertam nas organizações a necessidade de responder de forma mais rápida e correta às novas demandas. Assim, o potencial da Indústria 4.0 reside em acelerar as decisões corporativas e permitir processos mais adaptáveis (SCHUH *et al.*, 2020a).

Porém, a Quarta Revolução Industrial, conhecida como Indústria 4.0, vai além da técnica (BIRKEL *et al.*, 2019; BROCAL *et al.*, 2019). No estudo de Schuh *et al.* (2020a), é apresentada uma quebra de paradigma de que a Indústria 4.0 seja apenas a introdução de tecnologias ao processo produtivo. O estudo dividiu a estrutura da companhia em quatro áreas, chamadas estruturais: recursos, sistemas

de informação, cultura e organização estrutural. Foram definidos dois princípios e as capacidades necessárias para cada uma dessas áreas, sendo sua maturidade avaliada a partir do atendimento a esses aspectos. Com isso, o trabalho de Schuh *et al.* (2020a) apresentou um índice para avaliação da maturidade de gerenciamento das indústrias que almejam estar inseridas nesse ambiente ágil.

Uma tratativa semelhante de estratificação da Indústria 4.0 foi apresentada por Sanchez (2019) onde, em seu trabalho de avaliação de riscos, foram coletados dados relacionados aos impactos econômicos, ambientais e sociais da nova revolução industrial. A partir disso, foram identificados seis grandes grupos de riscos e desafios: conectividade, vulnerabilidade, empregabilidade, educação, financeiro e tempo, que podem ser considerados paralelos aos apresentados por Schuh *et al.* (2020a).

De acordo com a literatura, o monitoramento de riscos neste contexto não é suficiente (KAGERMANN *et al.*, 2013) e, para adaptar a estratégia corporativa a fim de atingir a digitalização, é importante alinhá-la com o gerenciamento de riscos (SCHUH *et al.*, 2020b). Dessa forma, a partir da proposta de avaliação elaborada por Schuh *et al.* (2020a), enxergou-se a possibilidade de estruturar uma metodologia para gerenciamento de riscos que impactam negativamente em projetos que estejam inclusos no ecossistema em questão.

Há a necessidade de que empresas que incorporem uma tecnologia inteligente compreendam e apliquem a metodologia adequada para seus projetos. Dessa forma, nesse trabalho, foi analisado o planejamento do gerenciamento de riscos de um projeto de desenvolvimento de produto no ecossistema da Indústria 4.0 em uma indústria fabricante de máquinas e equipamentos industriais. Essa organização se encontra em seus primeiros passos rumo ao desenvolvimento de projetos no contexto da nova revolução. O projeto utilizado no estudo de caso consistiu de um sistema de conectividade embarcado nas máquinas produzidas pela empresa, baseando-se na coleta, armazenamento e interpretação dos dados monitorados.

Assim, esse trabalho teve por objetivo investigar o processo de planejamento no gerenciamento de riscos em projetos voltados para a Indústria 4.0, apresentando novos possíveis riscos introduzidos pelo ecossistema da Quarta Revolução Industrial. A partir de consulta à literatura e utilizando as áreas estruturais propostas

no estudo de Schuh *et al.* (2020a), estes riscos foram observados, classificados e analisados de modo a abranger todos os aspectos definidos como necessários para a maturidade da organização.

2 DESENVOLVIMENTO

Nesta seção é apresentada a metodologia utilizada no trabalho, bem como a fundamentação teórica, os resultados e discussão obtidos na pesquisa.

2.1 Material e Métodos

A pesquisa apresentada nesse trabalho, com objetivo exploratório, buscou proporcionar maior familiaridade com os problemas explorados. Utilizou como procedimento técnico um estudo de caso, tendo em vista que o conceito abordado ainda não possui fronteiras bem definidas. Visou um aprofundamento dos objetos de estudo e descrição da situação do contexto em que foi realizado o trabalho (Gil, 2002).

O desenvolvimento desse estudo foi dividido em três etapas distintas. A primeira constituiu-se de revisão de literatura para levantamento e classificação de riscos. A segunda abordou a aplicação em um estudo de caso. Por fim, na última etapa, foi traçado um paralelo entre a escala de maturidade apresentada por Schuh *et al.* (2020a) e gerenciamento de riscos.

A Figura 1 apresenta a sequência de atividades realizadas para a pesquisa bibliográfica.

Figura 1 – Sequência de atividades para a etapa de revisão da literatura



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para a revisão da literatura e conseqüente embasamento do tema de desenvolvimento, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto Indústria

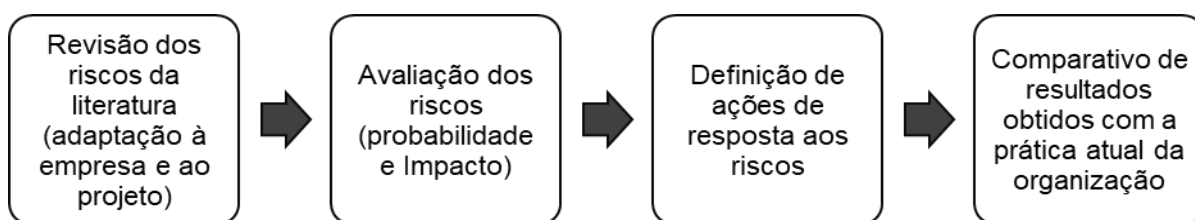
4.0 e gerenciamento de riscos, de maneira a definir como a nova forma de produzir impacta sobre o gerenciamento de projetos. Assim, pôde-se resumir alguns conceitos e integrá-los à problemática em questão.

Em seguida, identificou-se quais foram os riscos apontados pela literatura para projetos inseridos no contexto do novo ecossistema. Para a listagem desses riscos, foi realizada a busca por artigos científicos na base de dados Scopus, utilizando as palavras “Risk Management” e “Industry 4.0”. Os filtros utilizados foram: ano de publicação (2013 até o presente), trabalhos publicados em periódicos e congressos, de acesso livre e também restrito. Como critério de exclusão, foram desconsiderados os trabalhos que não apresentavam correlação direta das palavras-chave com as áreas estruturais estudadas no artigo, trabalhos em idiomas diferentes do inglês e português e livros. Ao todo, foram levantados 17 artigos na base Scopus, sendo 12 deles selecionados para revisão. Os outros 5 artigos foram excluídos por não serem específicos quanto ao tema da pesquisa. Os riscos levantados pela pesquisa foram compilados, resumidos e tabelados.

O último passo dessa etapa foi classificar os riscos dentro das áreas estruturais propostas por Schuh *et al.* (2020a). Esse agrupamento foi realizado por meio da análise individual dos riscos em questão, enquadrando-os na descrição da área estrutural feita pelos autores.

A partir desse material, foi possível efetuar a coleta de dados através de um estudo de caso. A Figura 2 mostra a cadeia de ações para realizar essa etapa.

Figura 2 – Sequência de atividades para a etapa de estudo de caso



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A coleta dos resultados de análise ocorreu em uma indústria fabricante de máquinas em São Paulo, Brasil. A empresa, uma multinacional com origem brasileira, possui cerca de 1.800 colaboradores, dedicando-se à fundição, projeto, produção de máquinas e equipamentos industriais e soluções de tecnologia para o

ramo metalmeccânico, fornecendo também serviços técnicos. Os produtos principais da organização são máquinas operatrizes para usinagem de metais e máquinas para o processamento de plástico. Devido à demanda de mercado e à necessária evolução das tecnologias, foi criado na empresa um ecossistema de conectividade das máquinas. Esse sistema, formatado para se tornar um produto e viabilizar um produto-serviço, é composto por um hardware que tem a capacidade de controlar e gerar dados de uso e funcionamento dos equipamentos, transmitindo os dados para que se faça o monitoramento. Esses dados são armazenados em nuvem e posteriormente tratados, de modo a trazer valor tanto para o cliente quanto para a organização.

A organização em estudo, tradicionalmente conhecida pela fabricação de máquinas, emprega seus esforços para o desenvolvimento de projetos voltados à Indústria 4.0 que agreguem valor à sua base de produtos. Assim, o projeto no qual foi realizado o estudo de caso é bastante inovador para a instituição em análise.

A aplicação da metodologia de avaliação de riscos ocorreu por meio de consulta, reuniões e discussões entre especialistas internos em gerenciamento de projeto e produto: diretor de tecnologia e de novos negócios, gerente de novos produtos, gerente de eletrônica, testes e produtos de linhas, chefe do setor eletrônico e líder do projeto de conectividade.

A partir de uma primeira análise por parte da equipe da organização (diretor de tecnologia e líder de projeto), a relação de riscos foi otimizada para o contexto do sucesso do projeto. Durante a avaliação individual, feita por cada uma das partes envolvidas, notou-se que muitos dos riscos levantados na literatura, quando avaliados sob a ótica do projeto em estudo de caso, indicavam riscos do produto que estava sendo desenvolvido e não do projeto. Nesse sentido, foram avaliadas ambas as categorias por todo o time. Porém, apenas aqueles que se referem aos riscos de projeto foram descritos nessa pesquisa.

Posteriormente, durante o ciclo de três reuniões, foram apresentados os riscos de projeto para a equipe. Abriu-se espaço para contribuições adicionais, em que poderia refletir na estrutura de projetos da empresa. Os riscos teóricos, já previamente modificados, foram analisados nestes encontros, sendo adaptados e selecionados de acordo com sua aderência ao projeto.

Em seguida, foi desenvolvida uma matriz de avaliação probabilidade versus impacto desses riscos. De forma a avaliar e priorizá-los, foi utilizada uma matriz de medição, conforme o Quadro 1, onde avalia-se a probabilidade e impacto da ameaça.

Quadro 1 – Matriz de Probabilidade e Impacto

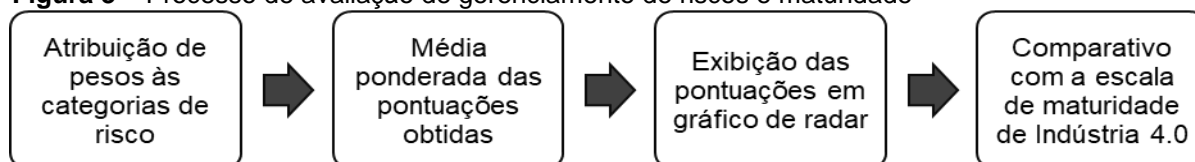
Probabilidade de Ocorrência	Impacto				
	Insignificante	Pequeno	Moderado	Grande	Catastrófico
Quase Certa	Baixo	Médio	Médio	Alto	Alto
Muito Provável	Baixo	Médio	Médio	Alto	Alto
Provável	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Alto
Pouco Provável	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Alto
Improvável	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Alto

Fonte: Fraporti e Barreto (2018)

Após a elaboração da matriz probabilidade versus impacto para o projeto, foram identificadas ações de mitigação de risco para aqueles que apresentaram médio e alto impacto para a organização, em uma tabela de identificação versus mitigação. De modo a finalizar a etapa, foi realizado um comparativo qualitativo entre o “framework” de gerenciamento de riscos tradicional da organização e o atualmente proposto para a Indústria 4.0.

De maneira a concluir o estudo e ressaltar a contribuição obtida, foi definido um paralelo entre a avaliação de maturidade na Indústria 4.0 e o gerenciamento de riscos, por meio de comparativo com a literatura e resultados do trabalho. A Figura 3 mostra o processo para obtenção desse resultado.

Figura 3 – Processo de avaliação de gerenciamento de riscos e maturidade



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Atribuiu-se uma relação de pesos às categorias de intensidade de risco Baixo, Médio e Alto (um, cinco e dez, respectivamente, sendo a correlação de intensidade e pesos idealizada e realizada pelos autores). Inicialmente, multiplicou-se a quantidade de riscos dentro de cada área estrutural e intensidade pelo peso atribuído a essa intensidade. Essa atribuição de pesos foi realizada para que a

análise refletisse a criticidade do conjunto de riscos. Por exemplo, uma área com maior quantidade de riscos identificados, porém de baixa intensidade, possui menor gravidade do que uma outra com alguns riscos, porém mais críticos. Posteriormente, efetuando-se a média ponderada dentro da área estrutural, obteve-se um gráfico de radar, que permitiu a comparação com a escala de maturidade proposta por Schuh *et al.* (2020).

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Levantamento bibliográfico

O gerenciamento de riscos tem por objetivo garantir que os objetivos da organização sejam atingidos, através da identificação e ação sobre as ameaças (TUPA e STEINER, 2019). É composto por etapas distintas, sendo: planejamento da gestão, identificação, análise qualitativa, análise quantitativa, planejamento da resposta, implementação das respostas, monitoramento e controle do risco (PMI, 2017). O enfoque principal da presente pesquisa se direcionou para o processo de planejamento, que inclui as etapas de identificação, análise qualitativa de probabilidade e impacto das ameaças e planejamento da resposta, de forma a auxiliar o gestor durante as respectivas fases da gestão do projeto.

De forma a orientar o estudo, as etapas do gerenciamento de riscos foram definidas da seguinte maneira: 1) identificação é a atividade de relatar quais ameaças existentes ao projeto e de que maneira, quando e por quais razões podem afetá-lo; 2) análise quantitativa e qualitativa traz à luz a probabilidade, impacto e consequência desses riscos, priorizando-os.; 3) planejamento da resposta indica quais ações serão tomadas para sua mitigação (FRAPORTI e BARRETO, 2018).

Dessa maneira, foram levantadas quais as ameaças ao projeto trazidas pelo ecossistema da Quarta Revolução Industrial, sendo essas tabeladas e classificadas de acordo com as áreas estruturais propostas por Schuh *et al.* (2020a), resultando em uma base teórica de referência para a análise realizada no estudo de caso.

De maneira resumida, as áreas estruturais de Schuh *et al.* (2020a) podem ser esclarecidas como: 1) recursos, que compreendem todos os recursos físicos e concretos da organização (pessoas, maquinários, matérias-primas e produtos); 2)

sistemas de informação, que são estruturas sociotécnicas, ou seja, compostos por pessoas e tecnologia, efetuando o processamento, preparo, provisão, transferência e armazenamento de dados e informação (essas atividades ocorrem com base em critérios econômicos); 3) estrutura organizacional, a qual abrange os processos e estruturas internas da companhia, bem como sua cadeia de valor, estabelecendo regras para seu relacionamento (tanto interno quanto externo); 4) cultura, referindo-se aos valores dentro da empresa e também à colaboração nela existente (SCHUH *et al.*, 2020a). No estudo, também foram avaliados os processos corporativos: desenvolvimento, produção, logística, serviços, marketing e vendas, de forma a compor o chamado “índice de maturidade”. Essas áreas foram chamadas de funcionais (SCHUH *et al.*, 2020a). O foco da presente pesquisa foi baseado nas áreas estruturais da companhia, de forma a torná-lo mais restrito e objetivo para a aplicação do método.

O Quadro 2 apresenta o levantamento bibliográfico dos riscos e quais os autores os citaram em seus trabalhos, além de mostrá-los já agrupados a partir das áreas estruturais de Schuh *et al.* (2020a). Como os riscos possuem fronteiras pouco definidas, seu enquadramento em cada uma das áreas pode variar, de acordo com a perspectiva de avaliação.

Quadro 2 – Riscos levantados da literatura e classificados em áreas estruturais (continua)

ÁREA ESTRUTURAL: RECURSOS		
Código	Risco	Referências
RR01	Falta de profissionais qualificados	Birkel <i>et al.</i> (2019); Moeuf <i>et al.</i> (2020); Hirman <i>et al.</i> (2019); Tupa e Steiner (2019)
RR02	Stress e sobrecarga de profissionais	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RR03	Situações que coloquem em risco a saúde (física e psicológica) ou a vida do colaborador nas interações homem-máquina e afins	Brocal <i>et al.</i> (2019); Lezzi <i>et al.</i> (2018)
RR04	Perdas de empregos (especialmente aqueles não-especializados, devido à automação, redução de processos e mudanças de competências)	Birkel <i>et al.</i> (2019); Sanchez (2019)
RR05	Processos legais trabalhistas (jornadas, condições de trabalho, entre outras)	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RR06	Mudanças e rearranjos dos locais de manufatura	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RR07	Sabotagem de máquinas e infraestrutura críticas	Lezzi <i>et al.</i> (2018)
RR08	Interrupção de serviços de máquinas e infraestrutura	Lezzi <i>et al.</i> (2018)

Quadro 2 – Riscos levantados da literatura e classificados em áreas estruturais (continuação)

ÁREA ESTRUTURAL: RECURSOS		
RR09	Interferências/emissões eletromagnéticas em maquinário	Tupa <i>et al.</i> (2017); Tupa e Steiner (2019)
RR10	Necessidade de reforma/modernização de máquinas	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RR11	Falta de recursos para manutenção e operação	Hirman <i>et al.</i> (2019)
ÁREA ESTRUTURAL: SISTEMAS DE INFORMAÇÃO		
Código	Risco	Referências
RI01	Ataques cibernéticos	Birkel <i>et al.</i> (2019); Kagermann <i>et al.</i> (2013); Kiss <i>et al.</i> (2019); Sanchez (2019); Hirman <i>et al.</i> (2019); Tupa <i>et al.</i> (2017); Tupa e Steiner (2019); Lezzi <i>et al.</i> (2018)
RI02	Falta de segurança de dados	Birkel <i>et al.</i> (2019); Schuh <i>et al.</i> (2020b); Kagermann <i>et al.</i> (2013); Kiss <i>et al.</i> (2019); Sanchez (2019); Hirman <i>et al.</i> (2019)
RI03	Roubo de segredos industriais e propriedade intelectual	Lezzi <i>et al.</i> (2018)
RI04	Erros no design dos sistemas	Hirman <i>et al.</i> (2019)
RI05	Elevado grau de customização	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RI06	Aumento da complexidade técnica	Birkel <i>et al.</i> (2019); Schuh <i>et al.</i> (2020b)
RI07	Não confidencialidade dos dados (seletividade/controlado de acesso)	Birkel <i>et al.</i> (2019); Schuh <i>et al.</i> (2020b); Kagermann <i>et al.</i> (2013); Lezzi <i>et al.</i> (2018)
RI08	Indisponibilidade dos dados (nuvem, local)	Birkel <i>et al.</i> (2019); Tupa <i>et al.</i> (2017); Tupa e Steiner (2019); Lezzi <i>et al.</i> (2018)
RI09	Falta de Integridade (não-qualidade/falta de consistência dos dados)	Birkel <i>et al.</i> (2019); Tupa <i>et al.</i> (2017); Tupa e Steiner (2019); Tupa <i>et al.</i> (2017); Tupa e Steiner (2019)
RI10	Aumento no volume de dados gerados	Birkel <i>et al.</i> (2019); Schuh <i>et al.</i> (2020b)
RI11	Baixa velocidade de conexão para recuperação dos dados em nuvem	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RI12	Falta de manutenção dos sistemas de dados	Hirman <i>et al.</i> (2019)

Quadro 2 – Riscos levantados da literatura e classificados em áreas estruturais (conclusão)

ÁREA ESTRUTURAL: SISTEMAS DE INFORMAÇÃO		
RI13	Falhas/indisponibilidade de sistemas	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RI14	Falta de padronização técnica	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RI15	Necessidade de criação de software para adaptação às estruturas de manufatura já existentes	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RI16	Falta de expertise para desenvolvimentos orientados a dados	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RI17	Falta de infraestrutura pública (ex.: disponibilidade de rede)	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RI18	Mal uso da transparência de dados perante os competidores	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RI19	Processos legais relativos à proteção e tratativa de dados	Birkel <i>et al.</i> (2019); Kagermann <i>et al.</i> (2013); Lezzi <i>et al.</i> (2018)
RI20	Atendimento à regulação/normas internacionais	Birkel <i>et al.</i> (2019)
ÁREA ESTRUTURAL: CULTURA		
Código	Risco	Referências
RC1	Ameaças à cultura corporativa	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RC2	Resistência interna às mudanças	Birkel <i>et al.</i> (2019); Schuh <i>et al.</i> (2020b); Moeuf <i>et al.</i> (2020)
ÁREA ESTRUTURAL: ORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL		
Código	Risco	Referências
RO01	Riscos de mercado	Hirman <i>et al.</i> (2019)
RO02	Altos investimentos, com incertezas sobre retorno e amortização	Birkel <i>et al.</i> (2019); Sanchez (2019)
RO03	Investimentos em tecnologias imaturas e/ou que não agregam valor	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RO04	Baixo fluxo de caixa para investimento	Hirman <i>et al.</i> (2019)
RO05	Investimentos tardios com risco de obsolescência	Birkel <i>et al.</i> (2019); Moeuf <i>et al.</i> (2020)
RO06	Custos com pessoal (altos investimentos em contratações de profissionais especialistas)	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RO07	Transformação radical de estruturas de negócio	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RO08	Definição de modelo de negócio em nicho	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RO09	Morosidade na transformação digital	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RO10	Ingresso tardio no ecossistema	Birkel <i>et al.</i> (2019); Moeuf <i>et al.</i> (2020)
RO11	Perda de competências principais da organização	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RO12	Perda do contato mais próximo/direto com o cliente devido à digitalização de serviços	Hirsch-Kreinsen <i>et al.</i> (2019)
RO13	Cliente relutante em pagar pelas novas tecnologias oferecidas	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RO14	Aumento da complexidade de contratos e tratativas legais	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RO15	Aumento da pressão competitiva e novos competidores	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RO16	Novos requisitos para treinamentos (rapidez, habilidades)	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RO17	Dependência de fornecedores específicos de tecnologia ou soluções	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RO18	Aumento no consumo de matérias-primas e energia	Birkel <i>et al.</i> (2019)
RO19	Geração de resíduos e emissões	Birkel <i>et al.</i> (2019)

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A maior quantidade de ameaças identificadas se encontrava nas áreas de sistemas de informação e organização estrutural, o que já era esperado de acordo com o exposto na problemática da pesquisa.

Para a área de recursos, mostrada no Quadro 2, tornou-se evidente o impacto da necessidade de atualização dos recursos (humanos, maquinário, entre outros) e os novos desafios relativos a como essas mudanças impactam a saúde física e psicológica do trabalhador.

Para a área de sistemas de informação, foi extraído do Quadro 2 que a maior quantidade de riscos detectada na literatura se relacionava à insegurança na tratativa dos dados, seja por indisponibilidade, inconsistência ou falta de integridade.

Relativamente à cultura, os artigos pesquisados destacam que a resistência à possíveis mudanças podem acarretar riscos para o projeto.

Segundo Brocal *et al.* (2019), no contexto industrial anterior, eventos indesejáveis apresentavam causas e fatores conhecidos. Na nova conjuntura, geralmente se originam por meio de ligações inesperadas entre os participantes do processo. Esses riscos não são sempre evidentes para as companhias, mas podem ser avaliados perante sua categorização (SCHUH *et al.*, 2020b). Esse fato sugere que, durante a análise, tenha-se uma atenção maior aos riscos residuais e colaterais dos processos.

Assim, é necessário planejar e calcular a resposta aos riscos, pois se um maquinário quebra, são necessários investimentos para o retorno das atividades. O mesmo é aplicado aos sistemas de informação (KAGERMANN *et al.*, 2013).

2.2.2 Estudo de caso: análise de riscos em projeto no contexto da Indústria 4.0

Conforme descrito anteriormente, baseando-se na literatura, os riscos específicos para o contexto da Indústria 4.0 foram listados inicialmente de forma categorizada. Posteriormente, tendo em vista a metodologia descrita, foram classificados em riscos de projeto e produto, avaliados também quanto à probabilidade e impacto.

Em relação às contribuições das partes interessadas, tem-se que a gerência/diretoria, por meio do desdobramento de estratégia, foi efetiva em avaliar o impacto do risco para a corporação de uma forma mais generalista e baseada em

evidências prévias. Já a liderança de projeto/chefia, contribuiu de forma mais efetiva ao trazer novas perspectivas na avaliação dos riscos, por meio de observações sobre possíveis impactos de novas tecnologias.

A análise de Probabilidade e Impacto, bem como os riscos trabalhados, encontram-se no Quadro 3. Os riscos foram reenumerados devido às modificações sofridas na lista de origem, seguindo uma ordem sequencial na nova listagem para aplicação no estudo de caso.

Quadro 3 – Avaliação de riscos para Recursos

(continua)

ÁREA ESTRUTURAL: RECURSOS			
Código	Risco	Probabilidade	Impacto
R01	Falta de profissionais qualificados para execução das atividades técnicas e gerenciais do projeto	Provável	Grande
R02	Stress e sobrecarga dos profissionais envolvidos na execução	Provável	Pequeno
R03	Situações que coloquem em risco a saúde (física e psicológica) ou a vida do colaborador nas interações homem-máquina e afins: exposição a maquinário em desenvolvimento; condições insalubres de fábrica; conflitos internos	Improvável	Pequeno
R04	Perda de membros do time devido às alterações no escopo/objetivos de projeto	Pouco Provável	Grande
R05	Processos legais trabalhistas (jornadas, condições de trabalho, entre outras)	Improvável	Insignificante
R06	Mudanças, rearranjos, reformas ou modernização de maquinário para validação e testes	Provável	Grande
R07	Falta de recursos de tecnologia para o desenvolvimento	Pouco Provável	Grande
ÁREA ESTRUTURAL: SISTEMAS DE INFORMAÇÃO			
Código	Risco	Probabilidade	Impacto
R08	Erros no design dos sistemas	Provável	Moderado
R09	Aumento da complexidade técnica do sistema para atendimento à necessidade de mercado, impactando no custo e tempo de projeto	Pouco Provável	Grande
R10	Falta de padronização técnica	Pouco Provável	Moderado
R11	Falta de expertise para desenvolvimentos orientados a dados	Pouco Provável	Pequeno
R12	Processos legais relativos à proteção e tratativa de dados e não-atendimento à regulação/normas internacionais (LGPD, GDPR), decorrentes da falta de preparação durante o projeto	Pouco Provável	Grande
ÁREA ESTRUTURAL: CULTURA			
Código	Risco	Probabilidade	Impacto
R13	Ameaças à cultura corporativa	Improvável	Insignificante

Quadro 3 – Avaliação de riscos para Recursos

(conclusão)

ÁREA ESTRUTURAL: RECURSOS			
R14	Resistência interna às mudanças provocadas pelas novas formas de desenvolvimento impostas pelo projeto	Pouco Provável	Pequeno
ÁREA ESTRUTURAL: ORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL			
Código	Risco	Probabilidade	Impacto
R15	Altos investimentos em tecnologias que possuam incertezas sobre retorno e amortização	Provável	Grande
R16	Investimentos em tecnologias imaturas e/ou que não agregam valor	Provável	Grande
R17	Custos com pessoal (altos investimentos em contratações de profissionais especialistas)	Muito Provável	Pequeno
R18	Lentidão ou atrasos para execução do projeto, resultando em ingresso tardio no ecossistema	Muito Provável	Grande
R19	Perda de competências-chave da organização (colaboradores saírem do projeto)	Pouco Provável	Moderado
R20	Novos requisitos para treinamentos (rapidez, habilidades)	Quase Certa	Pequeno
R21	Dependência de fornecedores específicos de tecnologia ou soluções	Quase Certa	Grande
R22	Baixo fluxo de caixa para investimento em desenvolvimentos-chave no projeto	Improvável	Catastrófico
R23	Investimentos tardios com risco de obsolescência de tecnologias	Provável	Grande
R24	Escopo de projeto não suficientemente abrangente, o que leva à aplicação do produto em apenas alguns nichos de mercado	Pouco Provável	Grande

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O Quadro 3 pode ser resumido conforme o Quadro 4, que apresenta o agrupamento de riscos conforme sua classificação de impacto e probabilidade.

Quadro 4 – Riscos agrupados em Impacto versus Probabilidade

PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA	IMPACTO				
	Insignificante	Pequeno	Moderado	Grande	Catastrófico
Quase Certa		R20		R21	
Muito Provável		R17		R18	
Provável		R02	R08	R01, R06, R15, R16, R23	
Pouco Provável		R11, R14	R10, R19	R04, R07, R09, R12, R24	
Improvável	R05, R13	R03			R22

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Logo, com base nos resultados apresentados no Quadro 4, entende-se que existe uma quantidade mais elevada de riscos classificados como de grande impacto e significativa probabilidade, o que deixa explícita a importância e criticidade do projeto para a corporação.

Para classificação entre risco baixo, médio e alto, foi utilizada a matriz apresentada no Quadro 1, com os resultados mostrados no Quadro 5.

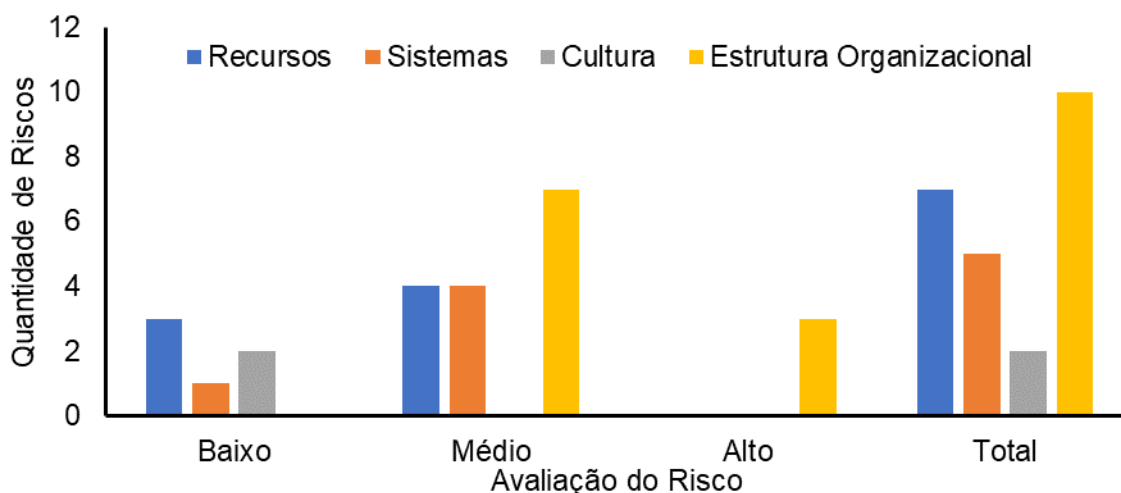
Quadro 5 – Riscos classificados

CLASSIFICAÇÃO DO RISCO	RISCOS
Alto	R18, R21, R22
Médio	R01, R04, R06, R07, R08, R09, R10, R12, R15, R16, R17, R19, R20, R23, R24
Baixo	R02, R03, R05, R11, R13, R14

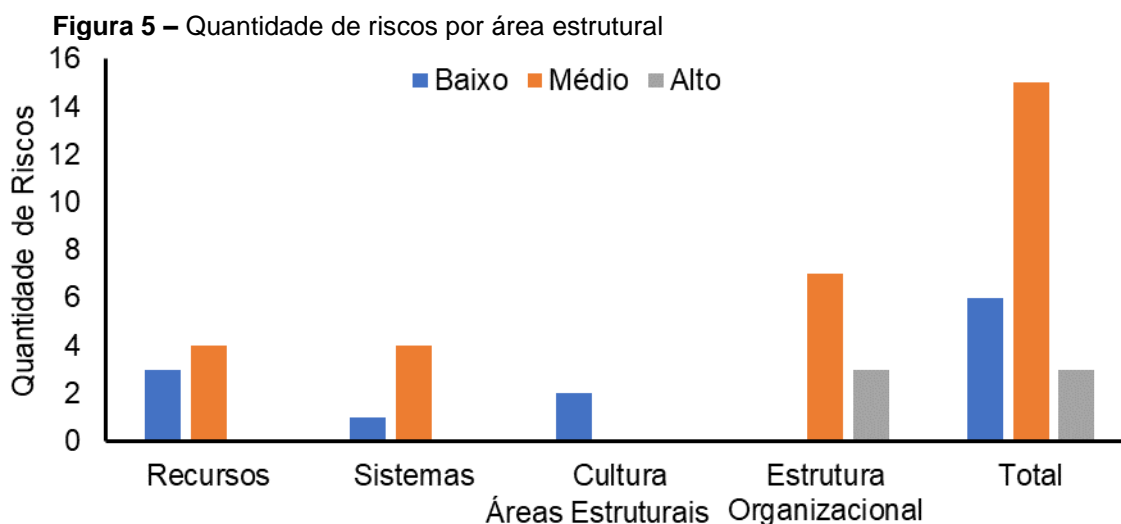
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Dessa forma, para o estudo de caso em questão, foram realizadas análises de quantidade de riscos por área estrutural e por intensidade, apresentadas em Figura 4 e Figura 5, respectivamente.

Figura 4 – Quantidade de riscos por intensidade



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Distingue-se que a maior quantidade de riscos, mesmo após a reavaliação para enquadramento no projeto, ainda está na área organização estrutural, sendo também a de maior criticidade quando esses são qualitativamente avaliados. Em seguida, tem-se recursos e sistemas, o que se caracteriza em conformidade ao exposto teórico, que explicita que, além da introdução de tecnologias, o novo ecossistema tem impactos profundos nas interações da companhia e seus participantes. Especificamente para sistemas, a equipe considerou que boa parte dos riscos estava introduzida em produto e não projeto, por isso sua redução significativa em quantidade na avaliação final.

Além disso, para a empresa em questão, o projeto em estudo apresentou-se como disruptivo em termos de desenvolvimento, produção e controle. Conforme exposto nas seções anteriores, a corporação ainda é iniciante no contexto da Indústria 4.0. Assim, um projeto pioneiro traz diversos riscos para a estruturação da companhia como um todo.

Os riscos classificados em intensidade mais alta referem-se, de forma resumida, a três grandes ameaças para a empresa: 1) lentidão na execução do projeto; 2) dependência de fornecedores específicos e 3) baixo fluxo de caixa para atividades. Os dois primeiros riscos citados falam diretamente sobre a forma como a organização é estruturada e seu relacionamento interno.

No caso de lentidão da execução, esse risco não estava, necessariamente, atrelado à atrasos na execução das atividades do projeto, mas sim na falta de velocidade da empresa em implementar soluções que permitissem lançar o novo

produto e solução em tempo hábil ao mercado. Como o novo ecossistema exige agilidade das companhias, processos extremamente rígidos podem acarretar perda de oportunidades no nicho. Assim, interações entre áreas que antes eram bastante procedimentais passam por alterações que exigem maior dinamismo. Além disso, o cronograma e escopo devem ser devidamente controlados entre os diversos setores e atores para que seja evitada a alteração ou inclusão de atividades que impactem o resultado.

A dependência de fornecedores é algo também considerado crítico. Para a execução do referido projeto, a empresa conta com alguns parceiros especialistas nas soluções. Um grande risco existente é a falha ou perda desses parceiros, que acarretariam perda de conhecimento adquirido/desenvolvido na elaboração da tecnologia e perdas de oportunidades de mercado. Por isso, foi prevista em contrato a transferência de tecnologia e portabilidade em caso de encerramento de contrato. Não foi prevista, dentro da empresa, uma área que se dedicasse exclusivamente às novas capacidades exigidas pelo projeto, porém, tendo em vista a transferência de tecnologia, a criação de grupos que consigam realizar essa absorção de conhecimento é necessária. Isso gera impacto direto na estruturação da companhia.

Em relação ao baixo fluxo de caixa, a maior ameaça identificada pela equipe foi a falta de recursos para a execução das tarefas de projeto, o que é um alto risco tendo em vista a necessidade de entregas em um tempo mais curto do que o praticado hoje pela empresa. A realocação de recursos financeiros de outras empreitadas pode solicitar maior elasticidade de recursos em setores, com sua compressão ou alargamento.

Uma observação importante a ser feita é que a análise de riscos em estudo foi desenvolvida em um estágio já adiantado do projeto, em que o time, escopo, prazo e custo já haviam sido estabelecidos. Assim, toda a gestão concordou que, caso tivesse sido realizado em um período anterior, o resultado da análise poderia ter sido muito diferente do apresentado nesse estudo. Alguns riscos já haviam sido percorridos e tratados, o que gerou impactos sobre os resultados.

Por se tratar de uma empresa que desenvolve produtos em seu cotidiano, os riscos R03 e R05 não foram considerados como pertencentes exclusivamente à Indústria 4.0, mas sim como riscos de um projeto comum à organização. O risco R09

teve sua probabilidade e impacto reduzidos, pois trata-se de um projeto dividido em várias gerações.

Para a reação ao risco, foram consideradas as seguintes ações: evitar, transferir, mitigar e aceitar, conforme sugerido por PMI (2017). A equipe de análise debateu em algumas reuniões as ações necessárias, designando os responsáveis por essas, os riscos residuais e colaterais. Alguns dos riscos tiveram ações desmembradas, de forma a melhor abordar cada um deles. Apenas os riscos classificados como de intensidade média ou alta tiveram ações definidas. O resultado da análise foi apresentado no Quadro 6.

Quadro 6 – Descrição das ações, responsáveis, riscos residuais e colaterais (continua)

ID	Ação	Descrição	Responsável	Risco Residual	Risco Colateral
R01	Mitigar	Treinamentos no uso de ferramentas e metodologia, onde parte deles já está sendo realizada	Líder de Projeto	Apesar do treinamento, colaborador pode não conseguir executar as atividades devido à inexperiência; qualidade do projeto seria prejudicada e o desempenho, comprometido; lentidão na execução	Atrasos na execução do projeto; necessidade de reciclagem de treinamentos
R02	NA	NA	NA	NA	NA
R03	NA	NA	NA	NA	NA
R04	Aceitar	NA	NA	NA	NA
R05	NA	NA	NA	NA	NA
R06	Mitigar	Alocar recursos para atualização	Gerência	Atraso no desenvolvimento e na implementação do projeto	Alocação de recursos de outros projetos
R07	Mitigar	Alocar recursos para atualização	Gerência	Atraso no desenvolvimento e na implementação do projeto	Alocação de recursos de outros projetos
R08	Mitigar	Liberação de pequenas partes do sistema para validação e verificação de funcionalidades e coerência	Líder de Projeto	Dificultar a evolução/escalabilidade de projeto	Introdução de maiores falhas na primeira versão

Quadro 6 – Descrição das ações, responsáveis, riscos residuais e colaterais

(continuação)

ID	Ação	Descrição	Responsável	Risco Residual	Risco Colateral
R09	Mitigar	Elaboração de plano multigeracional de projeto; liberação de pequenas partes do sistema para validação e verificação de funcionalidades e coerência	Líder de Projeto	Defasagem técnica frente ao mercado	NA
R10	Mitigar	Ação é dependente da causa da falta de padronização: escopo ou demanda de mercado Mitigar com documentação e alinhamento do desenvolvimento	Líder de Projeto	NA	Dificuldade de manutenção do produto
R11	NA	NA	NA	NA	NA
R12	Mitigar	Alinhamento entre departamentos internos (contratual - jurídico e processos internos - auditoria); medidas de segurança com servidores de nuvem	Líder de Projeto	NA	Restrição de acesso aos dados (falta de acesso aos históricos)
R13	NA	NA	NA	NA	NA
R14	NA	NA	NA	NA	NA
R15	Mitigar	Avaliação de tendências de mercado; liberação de projeto por etapas	Gerência	Amortização incompleta ou que não ocorra em curto tempo	NA
R16	Mitigar	Avaliação de tendências de mercado	Líder de Projeto	Obsolescência de tecnologias	NA

Quadro 6 – Descrição das ações, responsáveis, riscos residuais e colaterais

(continuação)

ID	Ação	Descrição	Responsável	Risco Residual	Risco Colateral
R17	Mitigar	Cotação/avaliação de melhores propostas	Líder de Projeto	Manter-se acima do orçamento do projeto	NA
R18	Mitigar	Acompanhamento e controle de projeto (interno e fornecedores); alinhamento de informações com toda a equipe; gestão à vista	Líder de Projeto	Atrasos no fornecedor, áreas internas e também no time core de projeto (por desconhecimento de novos desafios/tecnologias)	Impacto na execução de outros projetos devido à alocação compartilhada de recursos
R19	Mitigar	Manter o projeto competitivo para interesse do colaborador; desenvolvimento do profissional através de treinamentos	Gerência	Perder o recurso	Não corresponder às expectativas do colaborador
R20	Aceitar	Promover os treinamentos da forma necessária	Líder de Projeto	Imaturidade/inexperiência para desenvolvimento das funções de projeto	Sobrecarga de treinamentos, atrasando o projeto
R21	Aceitar	Se hardware, aceitar. NA	Líder de Projeto	Atraso no tempo de execução; custos com recursos	Não-aceitação por parte do fornecedor
	Mitigar	Embarcado: Contrato prevê transferência de tecnologia		Atraso no tempo de execução; custos com recursos	Não-aceitação por parte do fornecedor
	Mitigar	Nuvem: Documentação do sistema em nuvem; contrato prevê portabilidade		Atraso no tempo de execução; custos com recursos	Não-aceitação por parte do fornecedor
R22	Mitigar	Alocar recursos de outros projetos, caso necessário; manter o status do projeto como prioritário, mostrando o desempenho para reforçar importância; procurar novas fontes de financiamento	Diretoria	Atraso ou postergação do projeto	Impacto na execução de outros projetos devido à alocação compartilhada de recursos

Quadro 6 – Descrição das ações, responsáveis, riscos residuais e colaterais (conclusão)

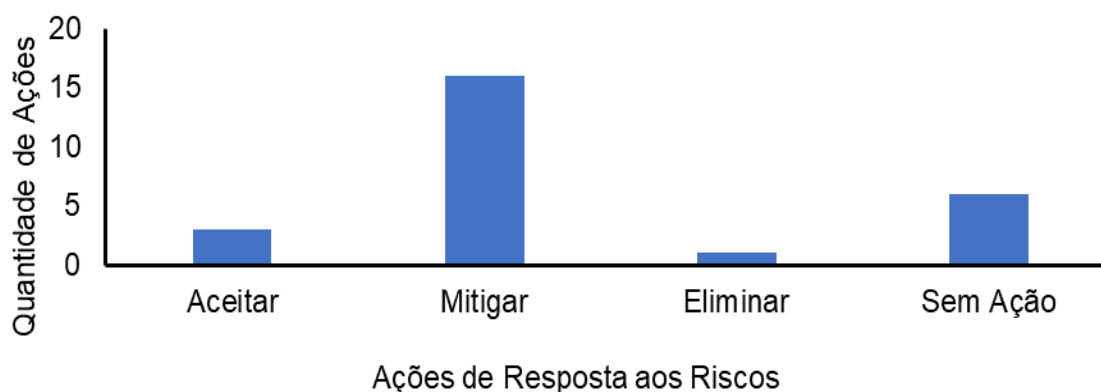
ID	Ação	Descrição	Responsável	Risco Residual	Risco Colateral
R23	Mitigar	Avaliação de tendências de mercado	Líder de Projeto	Obsolescência de tecnologias	NA
R24	Eliminar	Elaboração de projeto em etapas/múltiplas gerações	Líder de Projeto	Perda do timing de mercado	NA

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Nota: [NA] refere-se a 'Não aplicável'

O Quadro 6 representa toda a discussão e definições realizadas sobre os riscos de projeto. As áreas estruturais foram suprimidas para melhorar a visualização do conteúdo. Os 24 riscos foram desmembrados em 26 ações, classificadas conforme Figura 6. Naqueles em que a intensidade do risco foi considerada baixa, a equipe optou por não definir ações de resposta.

Figura 6 – Ações definidas para os riscos estudados



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Constatou-se que, pela elevada quantidade de ações a mitigar, a preocupação da organização em reduzir o impacto de possíveis incertezas aos novos desenvolvimentos na Indústria 4.0. Dos riscos apresentados, tem-se que sua grande maioria (50%) possuíam como responsável o líder de projeto, o que indicou a importância desse papel como alavanca propulsora da mudança e como agente responsável pela comunicação e alinhamento das informações. De forma geral, notou-se um crescimento da maturidade e equalização das informações da equipe com relação aos riscos introduzidos pelo projeto, além de maior integração entre os níveis hierárquicos.

Nas ações de resposta, a equipe avaliadora considerou adequada a construção de um projeto de várias gerações, sendo que pequenas entregas poderiam ajudar a mitigá-los. Esse fato pode ser considerado como um indicativo para a empresa em modificar sua forma de projetar, migrando possivelmente para um ambiente mais ágil de desenvolvimento.

Os riscos residuais, em resumo, se referiram às preocupações relativas ao atraso do projeto. Já os riscos colaterais abordavam a falta de recursos para outros empreendimentos, preocupações clássicas para qualquer projeto.

Vale ressaltar que a empresa em estudo já utilizava uma metodologia baseada no PMI (2017). A identificação de riscos tradicionais, sua classificação, impacto e número de ocorrências em projetos estão resumidos no Quadro 7. Foram avaliadas as análises de gerenciamento de riscos para 16 projetos de desenvolvimento de produto (máquinas) iniciados entre 2007 e 2015, sendo considerados apenas aqueles que disponibilizaram documentação para acesso.

Quadro 7 – Riscos tradicionais para projetos de máquinas (continua)

Áreas	Riscos	Impactos	Resposta ao Risco	Ocorrências
Escopo	Alteração de escopo	Tempo; Custo; Qualidade	Revisão do cronograma	16
	Falta de qualidade do projeto	Tempo; Custo	Alteração do projeto original	1
	Cancelamento do pedido por parte do cliente	Diminuição do faturamento	Novas negociações	1
	Não compatibilidade de componentes importados	Aumento do tempo de projeto	Revisão do cronograma	1
	Falta de qualidade dos desenhos terceirizados	Tempo; Custo	Controle durante a execução	1
Qualidade	Falha de performance	Revisão do projeto	Comunicação com fabricante	16
	Falta de informações para montagem	Falta de eficiência	Envolvimento dos Setores de Métodos de Montagem e Fabricação	16
	Necessidade de novos Dispositivos	Atraso na fabricação e Montagem	Avaliação dos Setores de Métodos de Montagem e Fabricação	15

Quadro 7 – Riscos tradicionais para projetos de máquinas

(conclusão)

Áreas	Riscos	Impactos	Resposta ao Risco	Ocorrências
Tempo	Atraso de atividades relacionadas ao projeto	Atraso da Liberação do Item	Aceleração da Fabricação/Reforço da Equipe	16
	Atraso na fabricação de Peças	Atraso na Montagem da Máquina	Horas Extras	14
	Atraso de itens Importados	Atraso na Montagem da Máquina	Embarque Aéreo	16
Custo	Custo industrial acima do estimado	Diminuição da margem de Lucro	Controle durante a execução	16
	Variação Cambial	Custos	Estudos de Nacionalização	2
Aquisição	Aumento de preços	Aumento do custo industrial	Renegociação e novos fornecedores	15
	Greve no Porto	Não cumprimento de Prazo		16
Recursos Humanos	Perda de Projetistas	Atraso no projeto	Solicitar reforço da equipe	16
	Falta de recursos para detalhar projeto	Atraso no projeto	Solicitar reforço da equipe	15
Comunicação	Falha nas informações aos stakeholders	Surpresas desagradáveis	Relatórios padronizados	16
	Reuniões não produtivas	Tempo desnecessário	Reuniões planejadas	16
	Falha no arquivamento das informações	Perda de informações	Disponibilizar área no servidor	15
Integração	Falta de informações dos projetos utilizados como referência	Retrabalho	Sem resposta	15
	Falta de colaboração das áreas envolvidas	Atrasos no produto	Reuniões de status do projeto	16
	Venda de novas versões (acima do esperado)	Falta de recursos	Nova equipe de desenvolvimento	14

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Com as informações expostas no Quadro 7, notou-se a existência de algumas avaliações similares para ambas as metodologias aplicadas: perda de recursos, alterações de escopo, falta de qualidade de projeto, falhas de performance, necessidade de novos componentes e atraso de atividades relacionadas ao projeto. Porém, o novo contexto introduz riscos nunca antes imaginados, voltados à

tecnologia da informação e estruturas organizacionais que necessitam ser repensadas, exigindo maior velocidade, integração e novos procedimentos. Pode-se afirmar que projetos inseridos no contexto da Indústria 4.0 trazem uma quebra de paradigma bastante relevante quando se compara os riscos de projetos anteriores à nova metodologia, exigindo um ambiente mais ágil e flexível de elaboração. Enfim, as áreas base de projeto foram mantidas do modelo clássico e novos riscos introduzidos.

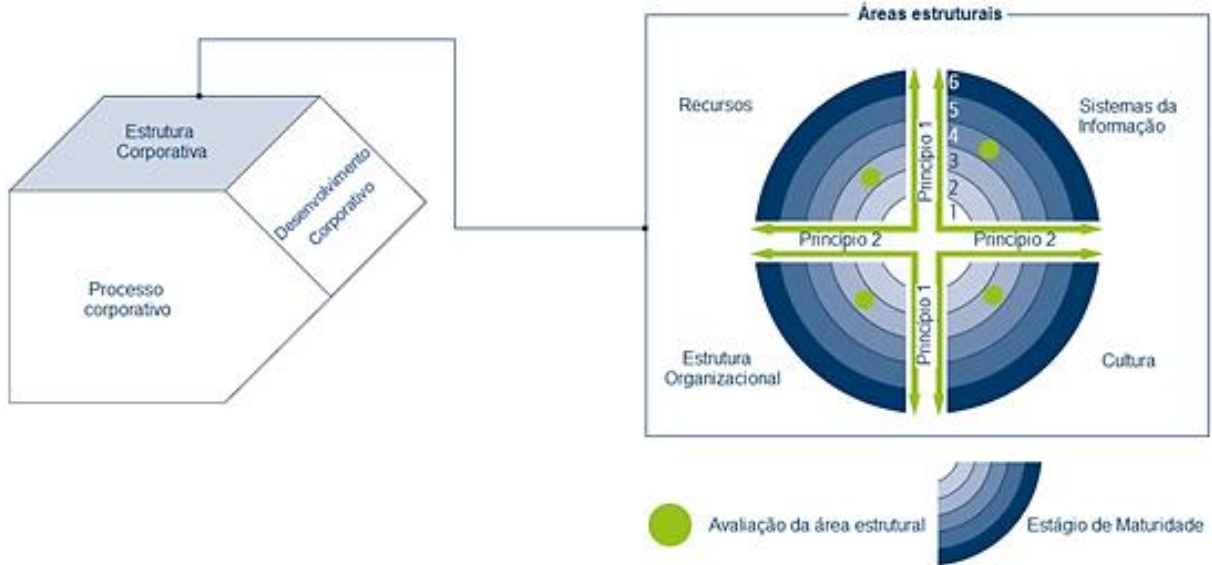
Cabe salientar que o estudo citado de Schuh *et al.* (2020a) não é uma metodologia para gerenciamento do projeto, mas sim uma avaliação de maturidade da companhia. No presente trabalho, foram consideradas as áreas estruturais como uma tentativa de trazer uma visão mais ampla e sistêmica das mudanças e riscos que podem vir a ocorrer, no contexto do ecossistema de projetos.

Assim, as áreas do gerenciamento clássico, Integração, Escopo, Cronograma, Custos, Qualidade, Recursos, Comunicações, Riscos, Aquisições e Partes Interessadas, dadas pelo PMI (2017) não devem ser ignoradas na avaliação do projeto, conforme exposto acima. Para projetos no ecossistema da Indústria 4.0, viu-se que para a organização em questão, a prática de gestão citada anteriormente não deve ser abandonada, mas que sejam efetuadas ambas as análises de forma complementar.

2.2.3 Modelos de Maturidade e Gestão de Riscos

A avaliação de maturidade proposta por Schuh *et al.* (2020a) é atribuída em um gráfico do tipo radar, como apresentado na Figura 7. Assim, a organização que deseja trilhar com sucesso seu caminho para a Indústria 4.0, deve se dedicar a aprimorar seus princípios e capacidades, aumentando o raio do ponto verde na Figura 7 (ou seja, melhorando a avaliação da área estrutural) e mantendo uma distribuição homogênea desse raio pelas quatro áreas analisadas.

Figura 7 – Áreas estruturais e estágios de maturidade



Fonte: Marchesini (2020)

Uma importante análise a ser realizada é o fato de que é possível traçar uma relação entre a forma gráfica de apresentação de Rane (2019), que apresenta a priorização de riscos em um gráfico de radar de Schuh *et al.* (2020a), aplicando-a nesse estudo. Atribuindo-se a relação de pesos às intensidades/categorias de risco e efetuando-se a média ponderada dentro da área, foi possível obter o resultado mostrado na Figura 8.

Figura 8 – Avaliação de Riscos de Projeto



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Ao contrário da avaliação de maturidade proposta por Schuh *et al.* (2020a), onde quanto maior o raio do gráfico maior a maturidade da organização, o melhor

cenário na avaliação de riscos é aquele onde o raio do gráfico seja o menor possível, o que indica a minimização dos efeitos das incertezas de projeto com a redução da intensidade do risco. Assim, obteve-se uma representação visual e progressiva, que pode ser acompanhada no tempo, para avaliação dos riscos, o que contribui para seu controle. Esse gráfico pode ser entendido como um indicador de priorização de riscos indicando, ou não, a necessidade de trabalhos futuros para minimização da intensidade em determinada área. Essa avaliação de valor é essencial para projetos desenvolvidos na empresa em questão, que não possui apetite por riscos em sua orientação na execução de projetos de engenharia.

Nesse caso, notou-se que a área estrutural de maior risco era a área de estrutura organizacional, o que refletiu o impacto que o desenvolvimento do projeto estava trazendo para a empresa. O projeto traz alterações profundas na estrutura da organização, com a integração, comunicação e interação entre setores e mudanças no modo de trabalhar. Os especialistas consultados não enxergaram que isso pudesse trazer impactos para a cultura.

Logo, o gráfico apresentado na Figura 8 pode ser considerado como um índice visual da avaliação de riscos na Indústria 4.0 para o estudo de caso, sendo chamado de índice de maturidade de riscos. Para o local de estudo, esse índice representou visualmente o impacto que o projeto de conectividade trazia para a estrutura organizacional, sendo necessário trabalhar fortemente na mitigação dos riscos envolvidos.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa teve como objetivo investigar o processo de planejamento no gerenciamento de riscos em projetos voltados para a Indústria 4.0, apresentando novos possíveis riscos introduzidos pelo ecossistema. Esse resultado foi alcançado de forma satisfatória através da revisão da literatura e aplicação em um estudo de caso. A partir dos resultados obtidos foi possível estabelecer um paralelo entre a análise de maturidade proposta na literatura e a avaliação de riscos, trazendo à luz um índice que foi chamado de maturidade de riscos. Alguns riscos apresentados já eram trabalhados pela empresa devido à natureza de seu produto-chave. O processo de análise de risco na Indústria 4.0 dentro da organização em estudo

contribuiu para o nivelamento das informações dentro do time, destacando a indispensabilidade de toda a equipe em explorar melhor os novos conceitos introduzidos pelo projeto. Além disso, tornou evidente a necessidade do estabelecimento de um ambiente ágil e integrado, de modo a atender as demandas de mercado em tempo hábil. A integração entre os diferentes níveis de gestão foi favorecida, abrindo canais de comunicação e quebrando barreiras hierárquicas. A metodologia apresentada possui potencial para aplicação em projetos futuros de organizações que busquem uma forma mais visual e estruturada para avaliação de riscos na Indústria 4.0. Porém, o ecossistema é extremamente dinâmico e a todo momento novos desafios são encontrados, resultando em novas incertezas. Assim, a identificação de riscos é um processo vivo, que deve ser aprimorado e complementado com frequência.

REFERÊNCIAS

- BIRKEL, H. S.; VEILE, J. W.; MÜLLER, J. M.; HARTMANN, E.; VOIGT, K. Development of a risk framework for Industry 4.0 in the context of sustainability for established manufacturers. **Sustainability** vol. 11, n. 1, p. 384-391, 2019. <https://doi.org/10.3390/su11020384>
- BROCAL, F.; GONZÁLEZ, C.; KOMLJENOVIC, D.; KATINA, P.F.; SEBASTIÁN, M.A. Emerging risk management in Industry 4.0: an approach to improve organizational and human performance in the complex systems. **Complexity in Manufacturing Processes and Systems** vol. 3, n. 2, p. 1-14, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/2089763>
- FRAPORTI, S.; BARRETO, J. 2018. **Gerenciamento de riscos**. 1. ed. Porto Alegre, RS: SAGAH, 2018.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- HIRMAN, M.; BENESOVA, A.; STEINER, F.; TUPA, J. Project management during the Industry 4.0 implementation with risk factor analysis. **Procedia Manufacturing** v. 38, n. 1, p. 1181-1188, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.208>
- HIRSCH-KREINSEN, H.; KUBACH, U.; STARK, R.; WICHERT, G. von; HORNUNG, S.; HUBRECHT, L.; SEDLMEIR, J.; STEGLICH, S. **Key themes of Industrie 4.0**: research and development needs for successful implementation of Industrie 4.0. 2019. Disponível em: <https://en.acatech.de/publication/key-themes-of-industrie-4-0/>. Acesso em: 04 maio 2020.
- International Organization for Standardization (ISO). **ISO 31000**: risk management: guidelines. Genebra, Vernier, Suíça. Terms and definitions, p. 1, 2018.
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0**: final report of the Industrie 4.0 working group. 2013. Disponível em: <https://en.acatech.de/publication/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0-final-report-of-the-industrie-4-0-working-group/>. Acesso em: 04 maio 2020.

KISS, M.; BREDI, G.; MUHA, L. Information security aspects of Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v. 32, n. 4, p. 848-855, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.293>

KONDILOGLU, A.; BAYER, H.; CELIK, E.; ATALAY, M. Information security breaches and precautions on Industry 4.0. **Technology Audit and Production Reserves**, v. 6, n. 38, p. 58-63, 2017. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.117593>

LEZZI, M.; LAZOI, M.; CORALLO, A. Cybersecurity for Industry 4.0 in the current literature: a reference framework. **Computers in Industry**, v. 103, n. 6, p. 97-110, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.09.004>

MARCHESINI, E. **Proposta de uma arquitetura de comunicação para máquinas-ferramenta no contexto de cyber physical production system (CPPS)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, SP, Brasil, 2020.

MOEUF, A.; LAMOURI, S.; PELLERIN, R.; TAMAYO-GIRALDO, S.; TOBON-VALENCIA, E.; EBURDY, R. Identification of crucial success factors, risks and opportunities of Industry 4.0 in SMEs. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 5, p. 1384-1400, 2020. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1636323>

Project Management Institute (PMI). **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**: guia PMBOK. 6. ed. Project Management Institute, Newtown Square, PA, Estados Unidos, 2017.

RABECHINI Jr., R. **Gestão de riscos em projetos**. Piracicaba, SP: Pecege, 2019.

SANCHEZ, D.O.M. Sustainable development challenges and risks of Industry 4.0: A literature review. In: GLOBAL IOT SUMMIT (GIOTS), 2019. [Anais...]. Aarhus, Aarhus, Dinamarca, 2019. p. 1-6. <https://doi.org/10.1109/GIOTS.2019.8766414>

SCHUH, G.; ANDERL, R.; DUMITRESCU, R.; KRÜGER, A.; HOMPEL, M. TEN. **Industrie 4.0 maturity index**: managing the digital transformation of companies: update 2020. 2020a. Disponível em: <https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-maturity-index-update-2020/>. Acesso em: 29 abr. 2020.

SCHUH, G.; ANDERL, R.; DUMITRESCU, R.; KRÜGER, A.; HOMPEL, M. TEN. **Using the Industrie 4.0 maturity Index in industry**: current challenges, case studies and trends. 2020b. Disponível em: <https://en.acatech.de/publication/using-the-industrie-4-0-maturity-index-in-industry-case-studies/>. Acesso em: 29 abr. 2020.

TUPA, J.; SIMOTA, J.; STEINER, F. Aspects of risk management implementation for Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v. 11, n. 3, p. 1223-1230, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.248>

TUPA, J.; STEINER, F. Industry 4.0 and business process management. **Technical Journal**, v. 13, n. 2, p. 349-355, 2019. <https://doi.org/10.31803/tq-20181008155243>



Artigo recebido em: 19/03/2021 e aceito para publicação em: 13/06/2021
DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v21i2.4265>