



CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC  
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU  
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
INDUSTRIAL

SARA MARQUES OLIVEIRA DE ARAÚJO SOUZA

**PROCESSO DE GESTÃO DE RISCOS INTEGRADO A  
QUALIFICAÇÃO TECNOLÓGICA EM PROJETOS DE INOVAÇÃO**

SALVADOR, 2020

SARA MARQUES OLIVEIRA DE ARAÚJO SOUZA

**PROCESSO DE GESTÃO DE RISCOS INTEGRADO A  
QUALIFICAÇÃO TECNOLÓGICA EM PROJETOS DE INOVAÇÃO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu do Centro Universitário SENAI CIMATEC como requisito para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Valter Estevão Beal

Coorientador: Prof. Dr. Daniel da Silva Motta

SALVADOR, 2020

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário SENAI CIMATEC

S332e	Souza, Sara Marques Oliveira de Araújo
	Processo de Gestão de Riscos integrado a Qualificação Tecnológica em Projetos de Inovação. – Salvador, 2020.
	127 f.: il. <u>color.</u>
	Orientador: Prof. Dr. Valter Estevão Beal
	<u>Coorientador</u> : Prof. Dr. Daniel da Silva Motta
	Dissertação (Mestrado Gestão e Tecnologia Industrial) – Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2020.
	Inclui referências.
	1. Inovação Tecnológica. 2. Gestão de Risco. 3. Qualificação da Tecnologia. Centro Universitário SENAI CIMATEC. II. Beal, Valter Estevão. III. Título.
	CDD: 025.4

NDI - 01

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, aprova a Defesa de Mestrado, Intitulada "PROCESSO DE GESTÃO DE RISCOS INTEGRADO A QUALIFICAÇÃO TECNOLÓGICA EM PROJETOS DE INOVAÇÃO" apresentada no dia 15 de maio de 2020, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial.

Assinado digitalmente por: Valtter Estevão Beal  
Razão: Dr. Eng. Mec V. E. Beal - Prof. Associado  
Localização: Salvador, BA  
O tempo: 19-05-2020 18:19:00

Orientador:

**Prof. Dr. Valtter Estevão Beal**  
SENAI CIMATEC

DANIEL DA SILVA  
MOTTA-56120737553

Assinado eletronicamente por  
DANIEL DA SILVA  
MOTTA-56120737553  
CPF: 00000000000000000000

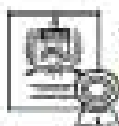
Coordenador:

**Prof. Dr. Daniel da Silva Motta**  
FIEB

Assinado digitalmente por:  
Francisco Uchoa Passos  
O tempo: 28-06-2020 12:08:22

Membro Interno:

**Prof. Dr. Francisco Uchoa Passos**  
SENAI CIMATEC



Documento assinado digitalmente  
Cristiano Vasconcelos Ferreira  
Data: 18/05/2020 18:24:48-2020  
CPF: 000.000.000-00

Membro Externo:

**Prof. Dr. Cristiano Vasconcelos Ferreira**  
UFSC

## DEDICATÓRIA

*Dedico esse trabalho aos meus pais, Sandra e José, pelo amor concedido, carinho e valores familiares. Ao meu esposo Rafael por tornar minha vida uma dádiva e ao meu filho amado, Dimitri, cujo sorriso transborda paz e ilumina meu caminho em todos os momentos.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me guiado em cada momento dessa jornada, mantendo-me motivada todos os dias para seguir em frente.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Valter Estevão Beal, por ter acreditado nesse trabalho, pela assertividade e segurança transmitida. Pela paciência e por ter me ensinado a pensar de forma sistêmica e interdisciplinar. Por possibilitar minha interação com os projetos de inovação para aplicação prática do processo, resultando em crescimento profissional e pessoal nesse ciclo de aprendizado.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Daniel Silva Motta, por ter colaborado e apoiado essa pesquisa e também acreditado na contribuição desse trabalho nos projetos de inovação.

Ao meu querido colega, André Luis da Cunha Dantas Lima, que me ajudou desde o início a organizar e concretizar as ideias, por vezes desafiadoras, para estruturar esse trabalho, com sua presteza e bom senso.

Aos queridos colegas dos projetos de inovação do departamento de Desenvolvimento de Produtos Industriais do SENAI CIMATEC, Gerentes de Projetos, Líderes Técnicos e Escritório de Projetos, que contribuíram sempre para o crescimento e melhoria desse trabalho, com paciência e dedicação.

*“Enquanto puderes erguer os olhos para o céu,  
sem medo, saberás que tens o coração puro, e isto  
significa felicidade. ”*

*Anne Frank*

# PROCESSO DE GESTÃO DE RISCOS INTEGRADO A QUALIFICAÇÃO TECNOLÓGICA EM PROJETOS DE INOVAÇÃO

## RESUMO

Conforme o avanço da tecnologia em diversos setores da indústria, as organizações buscam desenvolver produtos inovadores para se diferenciar perante a concorrência no nicho de mercado, por meio de projetos de inovação tecnológica. Esses projetos são caracterizados por sistemas e subsistemas multidisciplinares que usualmente são limitados pelo escopo, custo, requisitos do produto, cronograma ou pessoas. Esses requisitos, por apresentarem novidade ao mercado, possuem diferentes níveis de complexidade, sendo necessário considerar riscos que possam prejudicar o atendimento do produto no que se refere a maturidade tecnológica. Por isso, é fundamental estabelecer um processo de gestão de riscos aliado a estratégia do desenvolvimento da inovação para avaliar a tecnologia e respectivos riscos que impactam os fatores ambientais do projeto, como segurança e meio ambiente. Assim, o objetivo desse trabalho é desenvolver um processo de gestão de riscos integrado a qualificação tecnológica por intermédio da avaliação do seu nível de maturidade. O processo proposto integra três conceitos: a Matriz de Risco, conforme guia de boas práticas PMBOK; a métrica TRL (*Technology Readiness Level*), para análise da maturidade tecnológica a nível do componente e; o IRL (*Integration Readiness Level*), que avalia a integração das tecnologias com o ambiente do projeto. Por fim, o processo foi aplicado em três projetos de inovação em um Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT), em Salvador, Bahia. Foram identificados, classificados e monitorados 45 riscos divididos entre as TRL/IRL (1 e 3), nas categorias: Riscos de Gestão, Riscos Técnicos, Riscos de Segurança e de Meio Ambiente. Verificou-se que 22% dos riscos foram encontrados na TRL 3 com impacto significativo na segurança além de riscos desde o nível mais baixo de pesquisa básica (TRL1), até o desenvolvimento das provas de conceito, TRL 3, onde além de Riscos de Segurança, foram identificados riscos técnicos relacionados a adaptação da tecnologia com o ciclo de vida do desenvolvimento. Esse processo foi aceito pelo Escritório de Projetos como padrão para ser utilizado nos projetos de inovação da ICT.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento de Inovação Tecnológica. Gestão de Riscos. Qualificação da Tecnologia



# **RISK MANAGEMENT PROCESS INTEGRATED TO TECHNOLOGY QUALIFICATION IN INNOVATION PROJECTS**

## **ABSTRACT**

As technology advances in the many industries segments, organizations seeks to develop innovative products to differentiate themselves from the competition in the market niche, through technological innovation development projects. These projects are characterized by multidisciplinary systems and subsystems that are usually limited by scope, cost, product requirements, schedule or people. These requirements, as they are new to the market, have different levels of complexity, and it is necessary to consider negative risks that may harm the service of the product with regard to reliability and the degree of technological maturity. Therefore, it is essential to implement risk management tools integrated with the product development strategy to assess the degree of technological maturity and the respective risks that affect deliveries. Thus, the objective of this work is to propose a tool to manage risks in projects for the development of technological innovation and new products integrated with the technology qualification process through the assessment of its maturity. The proposed process integrates three concepts: Risk Matrix, as proposed by the PMBOK; the TRL (*Technology Readiness Level*), as an analysis proposal for technological maturity at the component level; the IRL (*Integration Readiness Level*), which assesses the integration of the technologies involved and their interaction with the project environment. The Process was applied to three innovation projects at an Institute of Science and Technology, in Salvador, Bahia. The process identified 45 classified and monitored, divided into TRL / IRL (1 and 3), in the categories: Management Risks, Technical Risks, Safety and Environment Risks. 22% of the risks were found in TRL 3 with a significant impact on security in addition to risks from the lowest level of basic research (TRL1), to the development of proof of concept, TRL 3, where in addition to security risks, there were dangerous technical risks related to the adaptation of technology to the development life cycle. This process was accepted by the Project Management Office of the Institute as a standard for use in innovation projects.

**Keywords:** Technological Innovation Development. Risk management. Technology Qualification.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Proposta do Processo de Gestão de Riscos integrado a Qualificação Tecnológica..	21
Figura 2 - Interpretação do risco como efeito da incerteza sobre o objetivo .....	26
Figura 3 - Processo de Gestão de Riscos .....	27
Figura 4 - Exemplo de estrutura Analítica dos riscos (EAR).....	29
Figura 5 – Exemplo de Matriz de Riscos .....	30
Figura 6 - Principais normas de gestão de riscos .....	32
Figura 7 - Macro fases e fases do desenvolvimento de produtos .....	37
Figura 8 - Desenvolvimento da inovação - TechSG.....	38
Figura 9 - Classificação de projetos por complexidade e incerteza .....	42
Figura 10 - Fluxos de Processos de QT .....	44
Figura 11 - Resumo da TRL: Marcos e resultados alcançados .....	46
Figura 12 - Comparação entre abordagens da TRL.....	47
Figura 13 - Integração entre as métricas TRL e IRL.....	51
Figura 14 – Proposta de integração da TRL com a IRL.....	52
Figura 15 – Etapas de elaboração do Processo de GR integrado a QT .....	56
Figura 16 - Qual é o método de Gestão de riscos usado atualmente nos Projetos que você atua?.....	59
Figura 17 - Você considera que o método utilizado é robusto, considerando a complexidade e multidisciplinaridade dos projetos?.....	60
Figura 18 - Qual a sua opinião sobre a relação Riscos x Fase do Desenvolvimento da Tecnologia e Produto? .....	61
Figura 19 – Quais categorias devem ser consideradas na análise do risco, tratando-se de projetos complexos de tecnologia?.....	61
Figura 20 - A métrica TRL estabelece padrões para avaliação do desenvolvimento tecnológico (nível do componente). Em sua opinião, a identificação dos riscos em conjunto com a TRL .....	62
Figura 21 - Processo de GR integrado a QT.....	64
Figura 22 - Fluxo de identificação de riscos na avaliação da TRL e IRL – Exemplo TRL 1 ..	65
Figura 23 - Folha De Registro Do Risco - Identificação, Classificação, Tratamento e Monitoramento do Risco .....	66

Figura 24 - Exemplo da Matriz de Risco (Gerenciais) da ferramenta proposta.....	69
Figura 25 - Implementação do Processo de GR integrado a QT em reuniões dos Projetos.....	71
Figura 26 – Perfil dos projetos de Inovação que implementaram e utilizaram o Processo de GR integrado a QT na ICT .....	72
Figura 27 - TRL final a ser entregue por cada projeto .....	74
Figura 28 - Quantidade de Riscos por categorias conforme TRL/IRL nos projetos da ICT ....	75
Figura 29 - Análise da criticidade do risco de acordo com a categoria do risco.....	76
Figura 30 - Diretrizes para identificação do risco integrado a qualificação tecnológica em projetos de inovação .....	78
Figura 31 - Diretrizes para classificação do risco integrado a qualificação tecnológica em projetos de inovação .....	79
Figura 32 - Diretrizes para tratamento e monitoramento do risco integrado a qualificação tecnológica em projetos de inovação.....	80
Figura 33 - Plano de ação - melhorias no processo conforme avaliados no questionário 2....	81
Figura 34 - Análise comparativa entre métodos e processos de gestão de riscos que abordam a maturidade tecnológica.....	84

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Revisão bibliográfica com as lacunas identificadas referente a Gestão de riscos em projetos de desenvolvimento de tecnologia.....	20
Quadro 3 - Alternativas de Gerenciamento de Projetos para diminuir a influência negativa das características específicas de inovações .....	40
Quadro 4 - Definição da IRL.....	50
Quadro 5 - Vantagens e Desvantagens de Métodos de Análise de Falhas .....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas

**API RP** - *American Petroleum Institute Recommended Practice*

**DITP** – Desenvolvimento de Inovação Tecnológica e Produtos

**DNVGL RP** - Det Norske. Veritas Recommended Practice.

**GR**- Gestão de Riscos

**ICT**- Instituto de Ciência e Tecnologia

**IRL**- *Integration Readiness Level*

**ISO**- *International Organization for Standardization*

**NBR** – Norma Brasileira

**QT**- Qualificação da Tecnologia

**TRL** - *Technology Readiness Level*

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	17
1.1 Justificativa e importância .....	19
1.2 Objetivos .....	21
1.3 Objetivo Geral.....	21
1.4 Objetivos Específicos .....	22
1.5 Limitações da Pesquisa .....	22
1.6 Estrutura do Trabalho .....	23
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	24
2.1 Gestão de Projetos .....	24
2.2 Gestão de riscos em projetos .....	25
2.3 Categorias ou fontes do risco.....	28
2.4 Matriz de Riscos .....	30
2.5 Normas relacionadas a gestão de riscos.....	31
2.6 ISO 31000 .....	32
2.7 Abordagem do risco nas normas ISO9001 e ISO14001 .....	33
2.8 ISO 9001 .....	33
2.9 ISO 14001 .....	34
2.10 Inovação Tecnológica .....	39
2.11 A incerteza tecnológica.....	41
2.12 Processo de Qualificação da Tecnologia .....	43
2.13 TRL - Technology Readiness Level .....	45
2.14 IRL - Integration Readiness Level.....	49
2.15 Integração entre TRL e IRL.....	50
2.16 Recomendações e normas relacionadas ao processo de QT .....	52
2.17 DNVGL - RP- A203 – Recommended Practice to Technology Qualification.....	52

2.18	API RP-17Q – Recommended Practice on Subsea Equipment Qualification .....	54
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>56</b>
3.1	Fase 1 - Planejamento .....	57
3.2	Fase 2 - Preparação .....	57
3.3	Realizar Revisão Bibliográfica .....	58
3.4	Coletar e avaliar dados de participantes dos projetos da ICT (Questionário 1).....	58
3.5	Fase 3 – Execução e Avaliação.....	63
3.6	Elaborar Processo de GR integrado a QT .....	63
3.7	Implementar a processo de GR integrado a QT em 3 projetos de inovação da ICT.....	71
3.8	Avaliação do processo de GR Integrado a QT pelas equipes dos projetos (Questionário 2)	73
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>74</b>
4.1	Alinhamento dos resultados com os objetivos do trabalho .....	82
4.2	Análise comparativa entre o Processo de GR integrado a QT e demais processos já existentes .....	83
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>86</b>
5.1	Recomendações para trabalhos futuros.....	87
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>88</b>
	<b>APÊNDICE A– Questionário 1, elaborado pela autora (2019).....</b>	<b>95</b>
	<b>APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL .....</b>	<b>99</b>
	<b>APÊNDICE C – Matrizes de Riscos .....</b>	<b>116</b>
	<b>APÊNDICE D – Questionário 2. Elaborado pela autora (2020).....</b>	<b>121</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A quarta revolução industrial marca a convergência entre tecnologias, envolvendo pesquisadores, empresas, investidores e organizações governamentais e não-governamentais, possibilitando inovação e competitividade (SAVIAN, 2018). Com isso, o sucesso no desenvolvimento de projetos de inovação tecnológica possibilita a competitividade e a manutenção das empresas no mercado. A inovação tecnológica é o processo de mudança que pode resultar em um novo produto, processo ou serviço (ROVAI et al., 2013).

No Brasil, a inovação tecnológica é incentivada por meio de políticas públicas, mediante um sistema nacional de Ciência e Tecnologia para contribuir e fortalecer as atividades inovativas no país, sendo que nas duas últimas décadas, intensificaram-se os esforços para consolidação do Sistema Nacional de Inovação (SNI), para ampliar o apoio a Ciência, Tecnologia e Inovação (TURCHI, 2017).

Para incentivar a gestão de política institucional de inovação e empreendedorismo, foram desenvolvidos os Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT), com ou sem personalidade jurídica própria, auxiliando na promoção e utilização do conhecimento (TEIXEIRA; DEPINÉ, 2018). A ICT é a base material e intelectual das atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) científica e tecnológica no país, devido sua relação entre o ambiente empresarial e o contexto de inovação (TURCHI, 2017).

A inovação, somente pode ser levada ao mercado se atender aos requisitos de normas e regulamentos técnicos, sejam de caráter técnico, social e ambiental, fundamental desde a formação de parcerias entre empresas e ICT's, no processo de desenvolvimento das atividades até as etapas finais da cadeia de inovação em todas as fases do ciclo do produto (TURCHI, 2017). Isso porque, projetos de desenvolvimento de inovação tecnológica são caracterizados por alto grau de incerteza devido novidade do escopo, sendo necessário adotar mecanismos e ferramentas de avaliação dos riscos inerentes a natureza da tecnologia a ser desenvolvida (MENDES, 2017). Freeman (1994), conceitua que as incertezas na inovação acontecem em diferentes fatores, entre outros:

- Incertezas no modelo de negócio - devido advento do processo de globalização da economia de mercado, a incerteza é uma variável inerente às atividades de negócio (ROVAI, 2013).



- Incertezas técnicas - Novas tecnologias necessitam, não apenas de novas habilidades técnicas, como novos modelos de negócio, nos quais as capacidades técnicas se tornam valiosas, porém, o processo de inovação tem incertezas e ambiguidades, em termo da especificação do produto ou processo, devido viabilidade técnica, utilidade, funcionalidade ou qualidade (JALONEN, 2012).
- Incertezas mercadológicas – Fatores como às necessidades dos clientes, das ações dos concorrentes e preços de mercadorias substitutas, ciclos de vida mais curtos, novos participantes no mercado, instabilidade geopolítica e globalização configuram em incertezas que devem ser monitoradas (JALONEN, 2012).

A incerteza é o estado, mesmo que parcial, da deficiência das informações relacionadas a um evento, sua compreensão, seu conhecimento, sua consequência ou sua probabilidade, sendo que o risco é o efeito dessa incerteza nos objetivos da atividade (ISO31000, 2009). O risco é muitas vezes expresso como combinação da consequência de um evento (incluindo mudança nas circunstâncias) e a probabilidade de ocorrência associada (ISO31000, 2009). Os projetos de inovação são frequentemente expostos a riscos relacionados as suas atividades, métodos, equipe e ao processo envolvido em cada desenvolvimento (GRUBISIC, 2009). Conhecer e controlar esses riscos evitam danos que afetam o projeto de atingir as metas de custo, prazo e cumprimento dos requisitos (MATSUMOTO, 2010).

Nesse sentido, o desenvolvimento de normas técnicas, regulamentos e práticas, para garantir a qualidade das inovações tecnológicas tem crescido, ainda que seja em uma dinâmica internacional, com interesse também nas demandas sociais, de saúde, segurança, sustentabilidade social, entre outras (TURCH, 2017). A adequação das normas e práticas internacionais ao cenário nacional, como é o caso da ISO (*International Organization for Standardization*) e outras, possibilita que produtos e serviços sejam desenvolvidos e produzidos em condições de serem exportados (TURCH, 2017).

Com intuito de garantir a qualidade em projetos de inovação tecnológica, o processo de QT (Qualificação da Tecnologia) é uma prática que provê evidências que a tecnologia em desenvolvimento funcionará de forma confiável dentro dos limites operacionais especificados, com um nível de aceitável de confiabilidade (DNVGL, 2017). Para confirmar o atendimento dos requerimentos e especificações do produto, esse processo acontece por meio de exame e verificação do nível de maturidade ou prontidão tecnológica em desenvolvimento (API RP 17N, 2018). Entretanto, avaliar apenas o nível de maturidade tecnológica de forma isolada sem

verificar as possíveis fontes de risco envolvidas no ciclo de vida do desenvolvimento, pode ocasionar em aumentos dos custos e ameaças aos objetivos do projeto (LONDON, 2014). As fontes de riscos são representadas por categorias de acordo com os objetivos do projeto, incluindo os riscos técnicos, riscos de gerenciamento, riscos ao meio ambiente e riscos à segurança (PMBOK, 2017).

Assim, os riscos relacionados a prática da inovação tecnológica precisam ser monitorados durante todo o ciclo de vida do projeto de forma iterativa, de modo a se prever e controlar efeitos imprevistos, tais como impactos negativos ao ambiente do projeto (ANDRADE, 2004; PMBOK, 2017).

### **1.1 Justificativa e importância**

Os projetos de inovação, direta ou indiretamente, causam impactos reais no ambiente devido incertezas do seu escopo (ANDRADE, 2004). Para auxiliar no entendimento do escopo desses projetos, a normalização ou práticas de validação favorece o acesso ao conhecimento tecnológico beneficiando o desenvolvimento da inovação (TURCH, 2017). Em projetos dessa natureza, além da prática que auxilie na validação da maturidade tecnológica de cada etapa do desenvolvimento, compreender e monitorar as fontes de riscos envolvidas no ciclo de vida desse processo garante a prevenção de impactos negativos nos fatores ambientais internos e externos do projeto como gestão, segurança e meio ambiente (SOUZA; BEAL, 2019).

A respeito dos impactos relacionados a projetos de inovação tecnológica, o relatório editado pelo Escritório Geral de Contabilidade dos Estados Unidos mostra que os custos do processo de desenvolvimento aumentaram 40%, tal como aumento dos custos de aquisição em 26% como consequência da adoção de tecnologias pouco maduras no produto (AZIZIAN et al., 2009). Outro fator importante a salientar é que a prática inovativa representa riscos aos fatores ambientais, constituindo um dilema essencial em torno do meio ambiente e avanço tecnológico (ANDRADE, 2004).

Como garantir a qualidade do desenvolvimento da inovação tecnológica identificando e monitorando os possíveis riscos que as incertezas desse processo podem ocasionar no ambiente do projeto? No âmbito dessa questão, foi desenvolvido um artigo de revisão com objetivo de identificar processos existentes de qualificação tecnológica e gestão dos riscos oriundos desse

processo em fatores ambientais do projeto. O resultado do artigo de Souza e Beal (2019), elencou as principais referências sobre o tema, para identificação das oportunidades de melhoria nos métodos existentes nos projetos de Inovação, contribuindo para melhor identificação das lacunas, conforme quadro 1. Observou-se nesse artigo que os métodos atualmente utilizados na gestão de riscos em projetos de desenvolvimento e tecnologias não considera uso de métricas de qualificação tecnológica. O uso da métrica TRL (*Technology Readiness Level*) mesmo agregado a outra ferramenta, não é considerado na gestão de riscos técnicos e gerenciais, tampouco observa-se a análise do ambiente do projeto com impacto em segurança e meio ambiente.

Quadro 1 - Revisão bibliográfica com as lacunas identificadas referente a Gestão de riscos em projetos de desenvolvimento de tecnologia

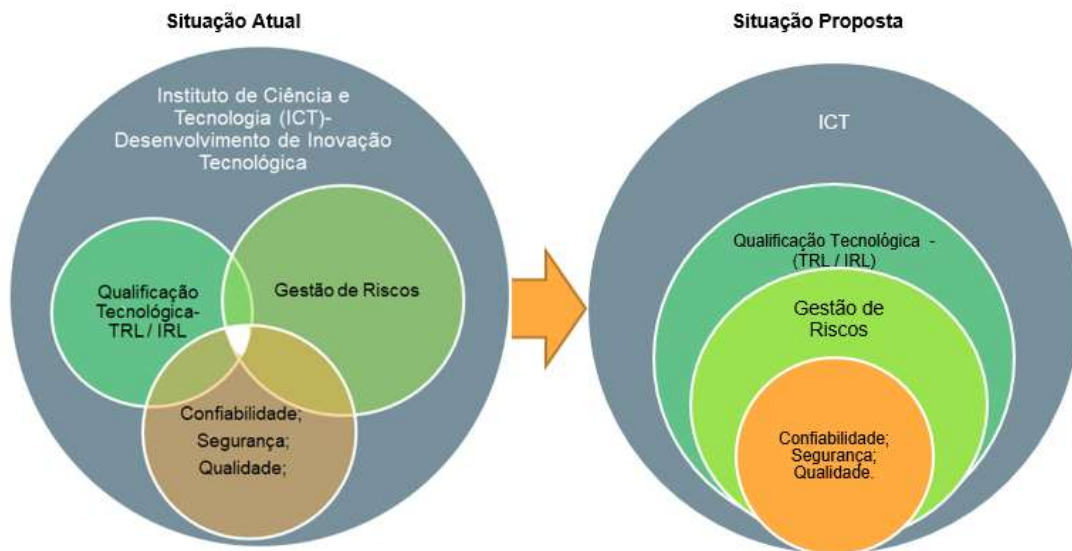
<b>Autor /Ano</b>	<b>Pós</b>	<b>Lacunas</b>	<b>Observações</b>
Tomaschek /2016	Vincula a complexidade do projeto ao uso apenas ferramenta <i>Technology Readiness Level</i> (TRL) - Maturidade tecnológica	Pendente associação aos riscos com relação a avaliação da maturidade tecnológica. Não apresenta avaliação entre tecnologias e o ambiente (IRL)	O artigo não vincula a avaliação da TRL com análise risco. Não apresenta avaliação entre tecnologias e o ambiente (IRL)
Malone/ 2018	Uso da matriz de riscos avaliando o ciclo de vida do projeto	Limitado a riscos gerenciais com enfoque em custos.	Focado no nível de maturidade do sistema. Ainda falta uma ferramenta que possibilite o levantamento do risco.
Olechowski/ 2017	Considera apenas avaliação da TRL a nível de subcomponente	A métrica sugerida não aborda outras fontes de risco, apenas técnico. Não apresenta avaliação entre tecnologias e o ambiente (IRL)	Não considera as etapas de desenvolvimento em relação aos possíveis riscos alinhados com a qualificação tecnológica.
London/ 2014	Projetos complexos associados a avaliação da maturidade	A métrica sugerida não aborda outras fontes de riscos, apenas técnico. Não apresenta avaliação entre tecnologias e o ambiente (IRL)	Não considera validação da tecnologia com análise de risco.

Fonte: Adaptado Souza e Beal (2019).

Um processo gerencial deve ser estabelecido para entendimento de como conhecer as incertezas na inovação tecnológica e o que deve ser feito para alcançar a maturidade tecnológica

desejada em cada etapa do desenvolvimento, além de entender e monitorar os riscos envolvidos no ciclo de vida do produto.

Figura 1- Proposta do Processo de Gestão de Riscos integrado a Qualificação Tecnológica



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Baseado na necessidade da integração da Gestão de Riscos com a Qualificação da Tecnologia nos projetos de inovação, conforme figura 1, os objetivos do projeto relacionados aos requisitos do produto, cronograma, custo, segurança e meio ambiente serão gerenciados de forma alinhada e integrada durante o processo de desenvolvimento da inovação tecnológica. Faz-se necessário integrar o processo de qualificação tecnológica, para garantir o nível de maturidade tecnológica esperada pelo projeto com a gestão de riscos, como forma de controle e tomada de ação pelos gestores nas ICTs, evitando-se impactos negativos ao projeto.

## 1.2 Objetivos

### 1.3 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um processo de gestão de riscos em projetos de desenvolvimento de inovação tecnológica integrado a avaliação da qualificação da tecnologia.

## 1.4 Objetivos Específicos

Dentro desse foco, o trabalho estabelece como objetivos específicos:

- Identificar oportunidades de melhorias na gestão de riscos em projetos de desenvolvimento de inovação tecnológica;
- Desenvolver e aplicar um processo de gestão de riscos utilizando métricas para análise da maturidade ou prontidão tecnológica em projetos reais de inovação;
- Avaliar a efetividade do processo proposto em projetos de inovação.

## 1.5 Limitações da Pesquisa

Nesse tópico são apresentadas as limitações da pesquisa com relação a abrangência do trabalho:

- Aplica-se a projetos de inovação tecnológica desenvolvidos por Institutos de Ciência e Tecnologia em qualquer área, contanto que; utilizem o processo de qualificação tecnológica e tenham a gestão de riscos como processo de gerenciamento do projeto;
- Pode ser aplicado em projetos de inovação independente da sua nacionalidade, pois as práticas utilizadas por esse estudo são do âmbito internacional.

Os fatores de riscos abordados por esse trabalho são relativos ao ciclo de vida do desenvolvimento, com abordagem em:

- Riscos de Gestão;
- Riscos Técnicos;
- Riscos de Segurança;
- Riscos de Meio Ambiente.

O termo “risco” no contexto desse trabalho é apenas para riscos cujo efeito é um desvio negativo. O efeito, para a ISO31000 (2009), é um desvio em relação ao esperado e pode ser positivo (oportunidade) ou negativo (ameaça);

O termo “inovação”, nesse contexto, se refere a inserção de novas tecnologias ou aprimoramento das existentes através da modificação de produtos ou processos, que representem diferencial competitivo no mercado;

As etapas de desenvolvimento, aplicação e avaliação da efetividade desse trabalho será realizado em 3 projetos de inovação tecnológica em uma ICT situada na Bahia, Brasil. Por se tratar de projetos de diferentes escopos e complexidades, o trabalho terá sua efetividade

avaliada de forma qualitativa através de pesquisa de satisfação para identificação do atendimento dos objetivos propostos.

## **1.6 Estrutura do Trabalho**

Esse trabalho está dividido em:

- Capítulo 1 - Introdução: contextualiza o tema, sua relevância, justificativa, objetivos e limitações da pesquisa;
- Capítulo 2 - Referencial Teórico: descreve conceitos, normas e trabalhos relacionados a Gestão de Riscos e processo de Qualificação da Tecnologia abordando o contexto de projetos de inovação tecnológica;
- Capítulo 3 - Metodologia de Pesquisa: aborda o procedimento utilizado para desenvolvimento, aplicação e avaliação do processo de gestão de riscos integrado a qualificação tecnológica em projetos de inovação;
- Capítulo 4 - Apresenta os resultados obtidos pela implantação do processo proposto, lacunas e oportunidades de melhorias relacionadas ao processo proposto;
- Capítulo 5 - Conclusão e recomendações para trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Esse capítulo apresenta uma breve revisão da literatura referente às normas, recomendações, boas práticas e trabalhos relacionados a Gestão de Projetos com foco em Gestão de Riscos e processo da Qualificação da Tecnologia em projetos de Inovação.

### 2.1 Gestão de Projetos

A gestão de projetos constitui um requisito essencial para viabilização econômica de novos produtos, serviços e implantação de novos modelos de negócio (VERAS, 2014). Pode ser descrita como aplicação de conhecimentos, habilidades e técnicas nas atividades dos projetos que fornece uma base sólida para as organizações atingirem seus objetivos, além de (PMBOK, 2017):

- Satisfazerem as expectativas das partes interessadas;
- Entregarem os produtos no tempo certo;
- Gerenciarem restrições (por exemplo, risco, escopo, qualidade, cronograma, custos e recursos);
- Responderem os riscos em tempo hábil;
- Realizarem o gerenciamento das mudanças, entre outros.

O Scrum, no entanto, é um método de gestão de projetos para desenvolvimento ágil de softwares que usa iteração e escopo incremental, que foi projetado para gerenciar requisitos de projetos nos ambientes de rápidas mudanças, com objetivo de melhorar a comunicação da equipe (ALMEIDA, 2017). Nesse método, a equipe analisa os requisitos para verificar se a tecnologia disponível atende o projeto e avalia suas próprias habilidades e capacidade, modificando sua abordagem diariamente à medida que encontra novas complexidades e dificuldades. Esse processo criativo resulta na produtividade do Scrum (SCHWABER, 2004).

- O monitoramento de projetos conduzidos pelo Scrum, permite (ALMEIDA, 2017):
- Medir o progresso e velocidade da equipe;
- Identificar a quantidade de trabalho que ainda falta;
- Verificar se a equipe é organizada;
- Avaliar os riscos do projeto.

Já o método de gestão de projetos *front-end* consiste em processos interativos de definição e validação preliminar que incluem sua governança, alinhamento estratégico, requisitos,

tecnologia, estimativa de riscos, aprendizado, pessoas e desenvolvimento (EDKINS, 2013). As empresas utilizam esse método com maior ou menor grau de formalização através de “portões” de aprovação intermediários para avaliação de alternativas até o portão final, permitindo que os níveis de incerteza estratégica organizacional e os riscos associados ao projeto possam ser monitorados (FERREIRA, 2015). No entanto, projetos de inovação requerem metodologias adequadas devido complexidade e multidisciplinaridade do escopo (COOPER, 2007).

A gestão de projetos mais complexos possui três fases: Inicial, atribuída as atividades de validação da oportunidade, viabilidade técnica e econômica tal como o planejamento do projeto; Intermediária, que concentra os esforços para o processo de desenvolvimento baseado nas necessidades do projeto; Final, relacionada ao encerramento das atividades e suporte ao ciclo de vida do produto (PMBOK, 2017). Em todas as fases da gestão de projeto é necessário avaliar a incerteza, a natureza dessa incerteza e como ela pode ser tratada. Esse processo pode ser executado através da gestão de riscos, pois auxilia os tomadores de decisão a fazer escolhas conscientes e distinguir entres formas alternativas de ação (ISO31000, 2009).

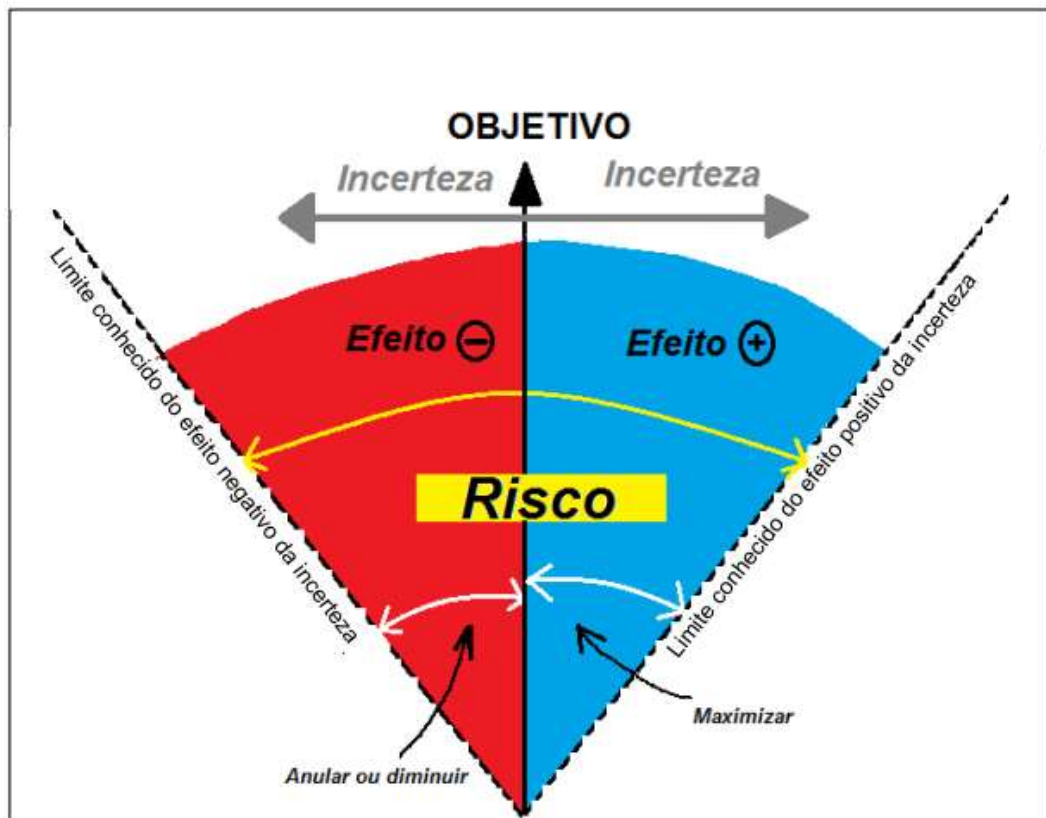
## **2.2 Gestão de riscos em projetos**

Conforme já mencionado, o risco é o efeito da incerteza nos objetivos da atividade, sendo que muitas vezes é expresso como combinação da consequência de um evento (incluindo mudança nas circunstâncias) e a probabilidade de ocorrência associada (ISO31000, 2009).

Para o PMBOK (2017), o risco geral do projeto é decorrente de todas as fontes de riscos representando a exposição das partes interessadas às implicações de variações no resultado do projeto. A figura 2 aborda a interpretação do risco sobre o objetivo de uma atividade, onde a seta principal aponta para o objetivo planejado sob efeito da incerteza. Verifica-se que a situação está sujeita a produzir resultado real negativo, abaixo da expectativa ou positivo. A seta interna de ponta dupla representa o risco como produto da incerteza abrangendo efeitos negativos e positivos. Nesse contexto, a gestão de riscos faz parte de todas as atividades associadas a uma organização e inclui envolvimento constante com as partes interessadas. Para tal, deve considerar os contextos externos e internos da organização, cujos fatores humanos e culturais devem ser envolvidos, (ISO31000, 2009).



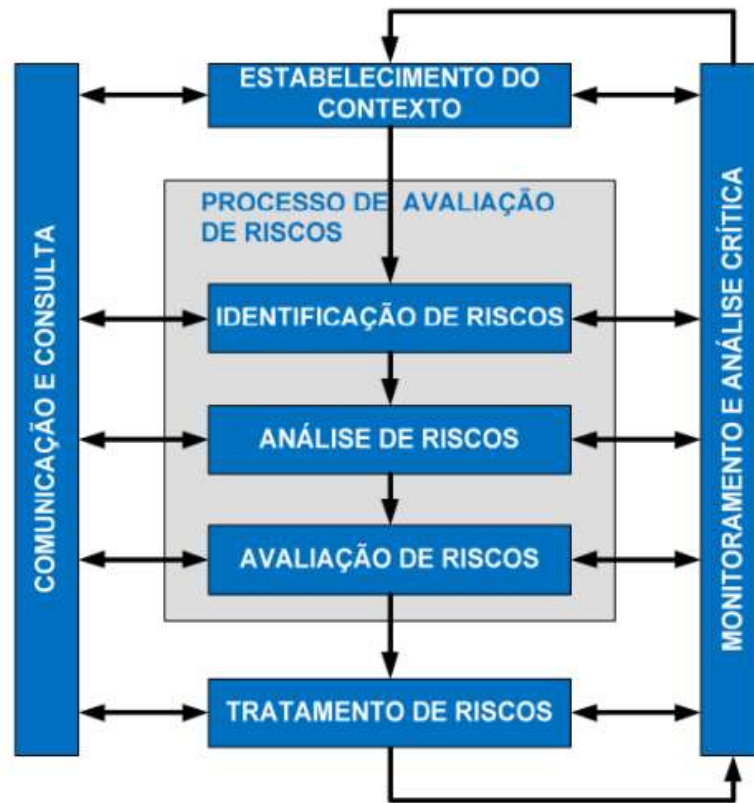
Figura 2 - Interpretação do risco como efeito da incerteza sobre o objetivo



Fonte: ROSA (2015).

A gestão de riscos é uma área em desenvolvimento que envolve diferentes pontos de vista relacionado ao conceito e conteúdo. Inclui processos de planejamento, identificação, análise, controle de respostas e controle dos riscos (LAVANYA; MALARVIZHI, 2008). Os riscos negativos ou ameaças podem aumentar os custos dos projetos a pontos de inviabilizar sua execução (BASTCHEN et al., 2018). Convém que o processo de gestão de riscos seja parte integrante na gestão da empresa, incorporado na cultura e adaptado aos processos de negócio da organização.

Figura 3 - Processo de Gestão de Riscos



Fonte: Adaptado ISO31000 (2009).

As etapas da figura 3 são explicadas conforme segue (ISO31000, 2009):

- Comunicação e consulta – A comunicação e consulta às partes interessadas internas e externas devem acontecer durante todas as fases do processo para facilitar a troca de informação levando em consideração todos os fatores pertinentes;
- Estabelecimento do contexto – essa etapa define os parâmetros externos e internos a serem considerados no gerenciamento de riscos. O contexto externo é baseado no contexto de toda a organização, requisitos legais e regulatórios e interesses das partes interessadas. O contexto interno, no entanto, refere-se a cultura, processos, estrutura e estratégia da organização. Nessa etapa deve ser definida os critérios de risco, incluindo a natureza e os tipos de causas e de consequência que podem ocorrer e como devem ser medidas, como a probabilidade será definida, como o nível do risco deve ser determinado e os pontos de vista das partes interessadas;

- Processo de avaliação do risco – essa etapa contempla o processo de identificação, análise e avaliação dos riscos. Convém que a organização identifique as fontes ou categorias do risco envolvidos no projeto. A análise dos riscos deve envolver a compreensão dos riscos fornecendo entradas para a tomada de decisão. Esse processo pode ser realizado qualitativamente ou quantitativamente. A avaliação dos riscos tem como finalidade auxiliar na tomada de decisão com base nos resultados da análise do risco para identificação da prioridade do tratamento;
- Tratamento do risco – Essa etapa envolve a seleção de uma ou mais opções para modificação dos riscos. Quando implementado, o tratamento fornece novos controle ou altera os existentes. As ações podem incluir evitar o risco, remoção da fonte de risco, alteração da probabilidade, alteração das consequências, compartilhamento do risco com outras partes. Assim, são realizados os planos de tratamento do risco para documentar como as ações de tratamento serão implementadas;
- Monitoramento e análise crítica – essa etapa envolve análise crítica com checagem regulares no processo de gestão de riscos para garantir que os controles sejam eficazes no projeto, para obter informações atualizadas melhorando o processo de avaliação dos riscos tal como verificar mudanças no contexto interno e externo e riscos emergentes no projeto;

Registros do processo de gestão de riscos – convém ainda que as atividades de gestão de riscos sejam rastreáveis, pois, os registros fornecem fundamentos para a melhoria dos métodos, ferramentas e de todo o processo.

Quanto ao processo de análise do risco, para que a equipe tenha melhor compreensão de cada risco, existem técnicas e ferramentas de representação de dados qualitativas e quantitativas, como por exemplo, a matriz de risco (ROSA, 2015; PMBOK, 2017).

### **2.3 Categorias ou fontes do risco**

Para a execução da etapa de identificação do risco, convém que a organização identifique, porém, quais serão as fontes de riscos envolvidas no projeto, causas, consequências área de impactos, eventos, causas e consequências potenciais através de uma lista abrangentes de riscos baseada nos eventos que possam criar, aumentar, evitar, reduzir, acelerar ou atrasar a realização dos objetivos, mesmo que as fontes possam não ser evidentes (ISO31000, 2009).

As categorias do risco devem ser consideradas já na etapa de planejamento da gestão de riscos, que identifica quais fontes de riscos podem surgir de cada risco do projeto. Uma representação das possíveis fontes de riscos, conhecida como estrutura analítica dos riscos (EAR) pode ser utilizada para ajudar a equipe do projeto a considerar toda a gama de fontes das quais podem surgir cada risco, conforme segue (PMBOK, 2017).

Conforme figura 4, a EAR é classificada em Risco Técnico, Risco de Gerenciamento, Risco Comercial e Risco Externo. A organização pode ter uma estrutura genérica, para todos os projetos ou pode haver várias estruturas para diferentes tipos de projetos (PMBOK, 2017).

Figura 4 - Exemplo de estrutura Analítica dos riscos (EAR)

EAR Nível 0	EAR Nível 1	EAR Nível 2
Todas as fontes de Risco do Projeto	1. Risco Técnico	1.1 Definição do escopo
		1.2 Definição dos requisitos
		1.3 Tecnologia
		Etc.
	2. Risco de Gerenciamento	2.1 Gerenciamento de projetos
		2.2 Recursos
		2.3 Comunicação
		Etc.
	3. Risco Comercial	3.1 Condições de Contrato
		3.2 Aquisição interna
		3.3 Parcerias
		Etc.
	4 Risco Externo	4.1 Legislação
		4.2 Meio Ambiente
		4.3 Segurança
		Etc.

Fonte: Adaptado PMBOK (2017).

No entanto, a fonte de risco mais utilizada pelos projetos é a de Risco de Gerenciamento, não abrangendo os riscos de meio ambiente, segurança e riscos técnicos (SOUZA, BEAL, 2019).

## 2.4 Matriz de Riscos

Devido à dificuldade da equipe de projetos em fazer julgamentos referentes as incertezas inerentes ao desenvolvimento da tecnologia, se faz necessário uma abordagem consistente para comparação entre causas e efeitos. A matriz de riscos utiliza a classificação de probabilidade e severidade do evento relacionado ao risco e é considerada uma ferramenta de apoio a decisão de forma prática, pois tem como foco os riscos mais altos (TALBOT, 2011).

A severidade ou consequência do risco é o resultado de um evento que afeta os objetivos de um determinado processo e a probabilidade denota a chance de algo acontecer, conforme (ISO31000:2009). A priorização do risco é obtida pelo nível do risco ou criticidade que ele representa. Esse fator identifica a prioridade de um risco com relação a outro risco (TALBOT 2011). Pode ser expressa pela equação:

$$C = S \times P,$$

Onde: C= Criticidade; S= Severidade; P= Probabilidade.

Figura 5 – Exemplo de Matriz de Riscos

		Severidade ou Consequência				
		Muito Leve	Leve	Médio	Grave	Gravíssimo
Probabilidade	Muito Alta	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco Elevado	Risco Extremo	Risco Extremo
	Alta	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco Elevado	Risco Extremo
	Média	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco Elevado
	Baixa	Risco Muito Baixo	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Moderado	Risco Elevado
	Muito Baixa	Risco Muito Baixo	Risco Muito Baixo	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco Moderado
	Baixa	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco Moderado

Fonte: Adaptado Talbot (2011).

A figura 5, demonstra uma matriz 5 por 5 (5 níveis de probabilidade por 5 níveis de Severidade) resultando no fator de criticidade do risco que será usado como auxílio para priorização do risco no projeto e respectiva tomada de ação, cujos níveis, nessa matriz, são (TALBOT, 2011; ISO31000, 2009):

- Probabilidade – Chance de algo acontecer, diferenciados em Muito Alta, Alta, Média, Baixa, Muito Baixa;
- Severidade ou Consequência – Resultado de um evento que afeta os objetivos levando a uma série de consequências, categorizados em Muito Leve, Leve, Médio, Grave e Gravíssimo;
- Nível do Risco ou Criticidade – combinação das consequências e probabilidades do risco, representa a magnitude do risco, classificados em Risco Muito Baixo, Risco Baixo, Risco Moderado, Risco Elevado ou Risco Extremo.

A norma ISO 31000 (2009) enfatiza a respeito das categorias ou fontes de risco, que representam um fator importante a ser considerado, pois são elementos que sozinhos ou em combinação com outros eventos, tem potencial intrínseco de ocasionar um risco. O processo de categorização dos riscos informa as áreas mais importantes a serem monitoradas, que tem implicação direta com os resultados do projeto, identificando os pontos relevantes para evolução dos impactos e melhorando o resultado da gestão de riscos (SHRIVASTAVA; RATHOD, 2015).

Baseado nessas informações, a finalidade da matriz de risco é identificar, na análise de riscos, quais são os riscos que tem alta criticidade para o projeto. Com isso, a utilização de códigos ou cores na matriz configura em gestão visual para priorização dos riscos mais críticos.

É importante salientar que o propósito da matriz de riscos não necessita de um cálculo preciso do risco. Seu foco principal é priorizar os fatores ou causas que impactos no projeto, mediante a priorização da severidade versus criticidade do evento.

## **2.5 Normas relacionadas a gestão de riscos**

Reafirmando a importância da gestão de riscos nos processos e identificar as incertezas de um projeto ou processo de desenvolvimento, utiliza-se regulamentos e padrões específicos, para auxiliar na melhoria do desempenho, confiabilidade e a eficiência de um projeto (KOH et al., 2007). O gerenciamento de risco deve ser aplicado completamente na organização, pois cada setor tem necessidades específicas. Assim, padrões e normas são desenvolvidos para estabelecer maneiras de identificar e controlar os riscos (ISO31000, 2009).

A seguir são apresentadas normas internacionais que abordam a gestão de risco em sua estrutura, como é o caso da ISO31000 ou abordam a análise de risco como diretriz em padrões

de Qualidade (ISO9001), Meio Ambiente e Segurança (ISO14001), utilizadas amplamente no ambiente industrial e no desenvolvimento de produtos e tecnologias.

## 2.6 ISO 31000

Como a gestão de riscos é uma área em constante desenvolvimento e envolve diferentes pontos de vista sobre seu conceito e conteúdo, algumas normas foram desenvolvidas e serviram de base para a construção da norma ISO31000, conforme figura 5 (ROSA, 2015):

Figura 6 - Principais normas de gestão de riscos

NORMA	ORIGEM	LANÇAMENTO	REVISÃO	DESCRIÇÃO
AS/NZS 4360	Austrália e Nova Zelândia	1995	1999 e 2004	Primeira norma de Gestão de Riscos, servindo de base par definição da norma ISO31000
HB 436	Austrália e Nova Zelândia	2004	-	Guia para gestão de riscos, anexo da norma AS/NZS 4360:2004
JSI Q 2001	Japão	2001	-	Apresenta definição formal de sistema de gestão de riscos e introduz a melhoria contínua
Guia 73	Internacional	2002	2009	Documento normativo anexo à norma ISO31000:2009
ISO31000	Internacional	2009	-	Abrange todos os tipos de risco em qualquer contexto. Construída em torno de três pilares: princípios de gestão de risco, guia de gestão de risco e processos de gestão de riscos.

Fonte: Adaptado ROSA (2015)

Pode ser observado na figura 6 que a ISO31000 consolida informações das demais normas anteriores, abrangendo todos os tipos de riscos e fornecendo diretrizes para os processos de gestão de riscos.

Essa norma possibilita o gerenciamento de risco conforme as etapas abaixo, entre outros fatores (ISO31000, 2009):

- Identificar e abordar riscos em toda a organização;
- Melhorar o desempenho em saúde e segurança, bem como proteger o meio ambiente;
- Melhorar a prevenção de perdas e o gerenciamento de incidentes;
- Minimizar perdas;
- Melhorar a aprendizagem organizacional.

Esta norma pode ser aplicada ao longo da vida de uma organização, em uma ampla gama de atividades, incluindo estratégias, decisões, operações, processos, funções, projetos, produtos, serviços e ativos considerando qualquer tipo de risco, independente da sua natureza.

A liderança, quando aplicável, deve assegurar que a gestão seja integrada em todas as atividades da organização, e deve demonstrar liderança e comprometimento:

- Alinhar a gestão de riscos com seus objetivos, estratégia e cultura organizacional;
- Reconhecer e abordar todas as atividades, bem como compromissos voluntários;
- Comunicar o valor da gestão de risco para a organização e seus *stakeholders*;
- Promover o monitoramento sistemático de riscos;
- Garantir que a estrutura de gerenciamento de riscos permaneça adequada ao contexto da organização.

Devido à importância do tema, a ISO9001 e ISO14001 agregaram requisitos ligados a gestão de riscos na análise gerencial, recursos humanos, infraestrutura, análise dos requisitos do produto, controle e desenvolvimento de projetos, análise de causas e impactos ambientais (ROSA, 2015).

## **2.7 Abordagem do risco nas normas ISO9001 e ISO14001**

As normas ISO9001 (Qualidade) e ISO14001 (Meio Ambiente) realizaram revisões definitivas para facilitar a integração dos seus processos além de prever o entendimento do conceito de risco nos processos de planejamento e implementação dos processos em todo o sistema de gestão.

## **2.8 ISO 9001**

A revisão da Norma ISO9001, introduz a “mentalidade de risco” que consiste em considerar e tratar o risco nas atividades e processos da organização, além de utilizar uma abordagem sistemática do risco em toda a norma (ROSA, 2015). Além de prover requisitos para o sistema de gestão da qualidade, para melhoria do desempenho global da organização, cujos benefícios, segue diretrizes da ISO9001 (2015):

- Abordar riscos e oportunidades associados ao contexto e objetivos da organização;
- Prover capacidade de atendimento aos requisitos do cliente nos serviços ou projetos.

Para a norma, a mentalidade de risco em uma organização determina fatores que poderiam causar desvios nos seus processos com relação aos resultados planejados, por meio do controle preventivo para minimizar efeitos negativos.



No entanto, no processo de planejamento das atividades de uma organização, ações devem ser tomadas para:

- Assegurar que o sistema de gestão da qualidade na organização alcance os resultados pretendidos;
- Aumentar efeitos desejáveis;
- Prever ou reduzir os efeitos indesejáveis;
- Alcançar melhorias na organização.

As ações a serem tomadas para abordar riscos devem ser apropriadas ao impacto potencial sobre a conformidade das atividades, inclusive no processo de desenvolvimento de produtos.

No planejamento de projeto e desenvolvimento de produtos, a organização deve considerar:

- A natureza, duração e complexidade dos projetos e desenvolvimentos de produtos;
- Análise crítica de cada entrega;
- Verificação e validação das etapas requeridas;
- Controle das interfaces entre recursos envolvidos;
- Envolvimento dos clientes e usuários em cada etapa;
- Controle e documentação para demonstrar que os requisitos do projeto e desenvolvimento sejam atendidos.

Em todo o processo envolvendo projetos e desenvolvimento, a norma informa que para abordagem dos riscos negativos ou ameaças, deve ser considerado:

- Evitar o risco;
- Eliminar a fonte do risco;
- Mudar a probabilidade ou as consequências;
- Compartilhar o risco;
- Reter o risco.

## **2.9 ISO 14001**

Reafirmando a importância da gestão de riscos de forma geral, a norma ISO 14001 também fornece diretrizes para intensificar a importância da análise de riscos no Meio Ambiente. Essa norma tem por objetivo prover para as organizações, elementos de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), que possam ser integrados em outros requisitos da gestão.

É recomendado que uma organização identifique os impactos ambientais dentro do escopo, inclusive em projetos de desenvolvimento de novos produtos, levando-se em

consideração as entradas e saídas associadas em cada atividade. Considera-se impacto ambiental, qualquer reação adversa ou benéfica que altere as condições do meio ambiente.

Para identificação dos riscos negativos ou ameaças ao meio ambiente, não é necessário considerar o impacto de cada componente ou matéria prima individualmente e sim categorias de atividades ou produtos (ISO14001:20015):

- Emissões atmosféricas;
- Lançamentos em corpos d'água;
- Lançamentos no solo;
- Uso de matérias-primas e recursos naturais;
- Uso de energia;
- Energia emitida, como calor, radiação, vibração;
- Resíduos e subprodutos e outros.

É recomendado que o processo de análise para consideração dos aspectos e impactos ao meio ambiente, seja associado às atividades, tais como:

- Projetos e desenvolvimento de produtos;
- Fabricação;
- Embalagem;
- Gerenciamento de resíduos entre outros.

As organizações são responsáveis por prover respostas de emergência aos riscos que causam impactos negativos ao Meio Ambiente, considerando:

- Natureza dos perigos, por exemplo, líquidos inflamáveis, gases, vazamentos, lançamentos acidentais;
- Planos de comunicação interna e externa;
- Ações de mitigação e repostas em diferentes tipos de acidente ou emergência;
- Lista de pessoas chave e órgãos de atendimento, como corpo de bombeiros e serviços de remediações;
- Treinamento do pessoal de resposta a emergências.

Recomenda-se que as organizações avaliem suas operações e projetos de forma a controlar e reduzir os impactos ambientais adversos, mediante o planejamento e mapeamento dessas atividades em decorrência de cada fase.

Nesse contexto, as normas ISO9001:2015 e ISO20014:2015 abordam a importância da análise e tratamento do risco em cada processo da organização, salientando o valor do conhecimento e prevenção dos riscos nas atividades e no ambiente dos seus processos.

### 2.3 Desenvolvimento de Produtos e **Tecnologias**

Devido a necessidade dos projetos de desenvolvimento dos produtos e tecnologia serem de grande importância para o sucesso das empresas, o tempo, custo e vantagem de vendas são fatores determinantes nesse processo. O que se percebe é o desafio de reduzir o tempo no ciclo de desenvolvimento do produto e da tecnologia, para introduzir os novos produtos rapidamente no mercado (RUBEN, 2017).

No entanto, o processo de desenvolvimento de produto e tecnologia é exposto a muitos riscos relacionados a multidisciplinaridade, pois, esse fator eleva a complexidade do desenvolvimento devido as diversas interações necessárias (SHAH, 2016). Nesse processo, existem diferentes tipos de riscos, visto que o desenvolvimento do produto se constitui por diferentes fases e entregas (BONNEMA; VAN HOUTEN, 2006). Logo, identificar esses fatores e especificidades em cada etapa do desenvolvimento é necessário, utilizando métodos ou formas de conduzir a gestão de projetos, para lidar com eventos novos e complexos, considerando as dinâmicas ambientais (SHENHAR, 2005).

No processo Stage Gate (SG) ou processo tradicional de desenvolvimento de produtos, consiste em um desenvolvimento previsível, onde os Gates (portões ou revisões) podem ser identificados, claramente definidos e planejados e seus resultados são conhecidos desde o início do projeto (AJAMIAN, 2002). Ainda sobre estruturas tradicionais de desenvolvimento de produtos, Rozenfeld et al. (2006) propõe uma estrutura de desenvolvimento de produtos dividida em três macro fases, sendo cada macro fase dividida em fases, conforme figura 7.

Figura 7 - Macro fases e fases do desenvolvimento de produtos

Macro fases	Pré-Desenvolvimento	Desenvolvimento	Pós
Fases	Planejamento Estratégico de Produtos	Projeto Informacional	Acompanhar o produto/ processo
	Planejamento do Projeto	Projeto Conceitual	Descontinuar o Produto
	Execução	Projeto Detalhado	
		Preparação da Produção do Produto	
		Lançamento do Produto	

Fonte: Adaptado Rozenfeld et al. (2006)

Abordando apenas a macro fase de desenvolvimento, as principais fases são (ROZENFELD et al., 2006):

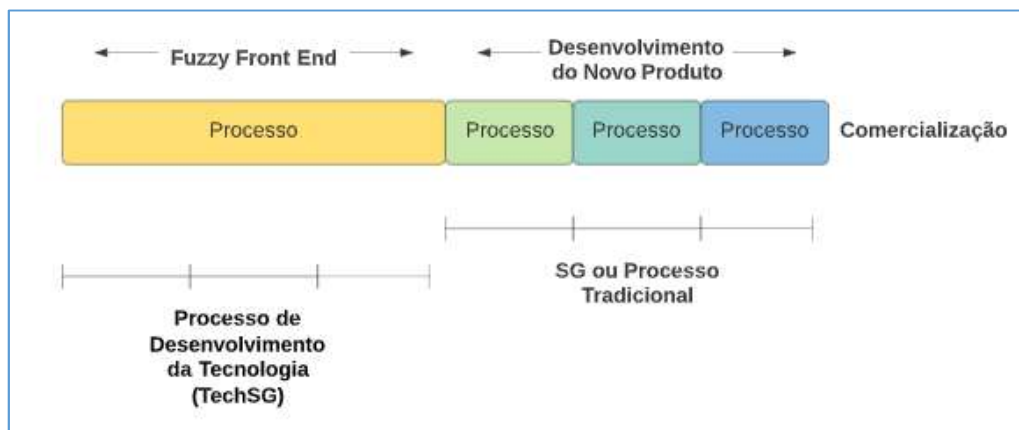
- Projeto Informacional: tem por objetivo desenvolver um conjunto de informações, também conhecidas como especificações meta do produto. Essas especificações vão orientar a geração de soluções fornecendo a base para o desenvolvimento dos critérios de avaliação e de tomada de decisões usados nas etapas posteriores do processo;
- Projeto Conceitual: são desenvolvidas e selecionada soluções para o problema do projeto. Nessa etapa existe a busca por soluções já existentes de produtos similares ou concorrentes;
- Projeto Detalhado: a concepção de produto será detalhada e transformada nas especificações finais, abrangendo documentos que detalham cada item que compõe o produto e respectivos processos de fabricação;
- Preparação da Produção do Produto: refere-se à produção do lote piloto e a definição dos processos de produção e manutenção;
- Lançamento do Produto: tem como objetivo colocar o produto no mercado conforme resultado da fase anterior, visando garantir sua aceitação pelos clientes potenciais, conforme premissas do estudo de viabilidade econômico-financeira deste produto.

Porém, a incapacidade de gerenciar tecnologias de alto risco como parte do desenvolvimento de produtos é a frequente causa de cancelamentos ou atrasos de projetos de desenvolvimento de tecnologia porque diferente do desenvolvimento de produtos, os resultados

dos esforços de desenvolvimento de tecnologia são imprevisíveis (AJAMIAN, 2002). Quando existe alto grau de incerteza e riscos relacionados ao ciclo de vida do desenvolvimento, se faz necessário um processo que gerencie esforços para evitar desperdícios e atrasos, devido introdução prematura da tecnologia no mercado.

O processo TechSG (Technology Stage Gate ou Revisão do Estágio da Tecnologia), inicialmente descrito por Eldred e Shapiro (1996) e Eldred e McGrath (1997), refere-se a uma metodologia estruturada para gerir o desenvolvimento de inovações tecnológicas sem limitar a criatividade necessária no estágio inicial do processo. É utilizado para gerenciar esforços com objetivo de reduzir os riscos referente ao desenvolvimento tecnológico através de processos.

Figura 8 - Desenvolvimento da inovação - TechSG



Fonte: Adaptado AJAMIAN (2002).

A figura 8 representa o processo geral do desenvolvimento da inovação, que pode ser dividido em três partes: *Fuzzy Front End*, Desenvolvimento de Novos Produtos e Comercialização. O processo TechSG consiste em uma série de revisões ou *gates* no desenvolvimento que abrange toda a etapa de *Fuzzy Front End* (FFE). O FFE representa a parte inicial do desenvolvimento do produto, da geração de ideias e do desenvolvimento de um conceito que inclui os recursos e objetivos dos clientes antes de iniciar os processos tradicionais de desenvolvimento.

O desenvolvimento de novas tecnologias é, por definição, novo, diferente e imprevisível, difícil de capturar e aproveitar a experiência passada para esforços futuros, dificultando a estimativa dos tempos de ciclo, ou seja, não se pode programar a descoberta de tecnologia (AJAMIAN, 2002). Conceitualmente, a parte tradicional do processo de desenvolvimento do

produto só será iniciada até que o processo de desenvolvimento da tecnologia seja concluído e seus riscos sejam identificados e reduzidos (AJAMIAN, 2002).

O gerenciamento de projetos de desenvolvimento de produtos ou tecnologia acontece por meio das atividades de planejamento, coordenação e execução para a transformação de uma oportunidade de mercado em um produto (BELVEDERE, 2019). Com isso, o desenvolvimento de tecnologia e inovação consiste em um processo para alcançar os resultados desejados em sua conclusão (MEREDITH et al., 2017). O desenvolvimento de tecnologia requer controle efetivo no gerenciamento de alterações e para ser bem-sucedida, o gestor do projeto e sua equipe deve entender os riscos inerentes a cada processo.

Logo, o gerenciamento de riscos durante a o ciclo de vida do desenvolvimento é um fator importante para garantir o sucesso da inovação tecnológica, pois auxilia em todas as etapas antes mesmo do planejamento, nos processos de identificação do conceito, testes, protótipos e validações, pois avaliam o riscos e respectivos impactos ajudando as empresas a sobreviverem em um cenário cada vez mais competitivo (BASTCHEN, 2018; AJAMIAN, 2002).

## **2.10 Inovação Tecnológica**

Conforme Matsumoto (2010), o Manual de Oslo classifica os tipos de inovação, considerando:

- Inovações de produto referente a mudanças significativas na potencialidade de produtos e serviços oferecidos, podendo ser novos ou apenas aperfeiçoamentos do que já existem;
- Inovações de processo;
- Inovações organizacionais traduzidas pela implementação de novas práticas de trabalho ou adoções de novas estratégias;
- Inovações de marketing, que pode ser expresso conforme mudanças no design do produto ou novos métodos de estabelecimento de preços de bens e de serviços.

A inovação tecnológica se configura como o processo de realizar mudanças, grandes e pequenas, radicais e incrementais, em produtos, processos e serviços que resultam na introdução de uma novidade para a organização que agrega valor ao cliente (BRILHUIS-MEIJER et al, 2016). Para a inovação tecnológica ser concretizada, o gerenciamento de projetos pode ser utilizado como forma de reduzir o impacto negativo de algumas peculiaridades da inovação, conforme quadro 3.

Quadro 2 - Alternativas de Gerenciamento de Projetos para diminuir a influência negativa das características específicas de inovações

<b>Características Específicas De Inovações</b>	<b>Gerenciamento De Projetos</b>
As inovações têm um objetivo bem claro, são definidas pelo conteúdo, limitadas pelo espaço de tempo da sua realização e são direcionadas para as mudanças	Como o projeto tem a mesma estrutura da inovação, isso possibilita realizar os projetos inovadores organicamente.
Orçamento das inovações é sempre limitado.	Assim como as inovações, qualquer projeto tem seu orçamento limitado e por isso que o gerenciamento de projetos sempre considera o gerenciamento de custos.
As inovações representam novidade, e por isso há incertezas e irregularidades.	Projeto é um evento temporário e exclusivo. Por causa disso, existe uma prática bem ampla em criação das matrizes e escritórios de projetos. Além disso, há um conjunto de medidas e padrões de gerenciamento de projetos, que são bases para qualquer novo projeto.
As inovações são complexas e tem uma estrutura frágil.	Gerenciamento de projetos prevê a formalização, gerenciamento dos processos e gerenciamento detalhado dos recursos do projeto
O processo inovador pode ser dividido em fases com objetivos e alvos intermediários	É possível no gerenciamento de projetos fazer uma divisão nos processos e trabalhos intermediários, onde eles têm seus objetivos e alvos, mas são subordinados aos objetivos e alvos do projeto como um todo.
As inovações representam riscos; riscos técnicos, temporários (o projeto inovador não realizado a tempo: o resultado "tardio" pode levar a inovação desatualizada), econômicos (que podem surgir quando o gasto real de recursos supera o planejado), financeiros (o produto se torna muito caro e sem êxito, que poderá levar à perda de liquidez).	No gerenciamento de projetos há uma grande variedade de instrumentos de previsão e de gerenciamento de riscos

Fonte: Adaptado de Kolesnik (2013)

Outro benefício que pode ser citado sobre o uso da gestão de projetos em projetos inovadores é o aumento do controle nas entregas, pois o desenvolvimento de inovação tecnológica é dividido em fases, e cada fase termina com o resultado necessário para atingir o objetivo do projeto, permitindo determinar metas precisas e controle na execução do plano de trabalho de inovação (KOLESNIK, 2013).

## 2.11 A incerteza tecnológica

Projetos de inovação tecnológica não são apenas únicos, mas possuem grande quantidade de objetivos, tamanho, complexidade e incertezas tecnológicas (LEITE, 2013).

O nível de incerteza tecnológica refere-se a incerteza existente no projeto no momento inicial antes de sua execução, utilizando-se uma comparação da novidade para empresa e a maturidade tecnológica do produto ou processo produzido (SHENHAR, 2001).

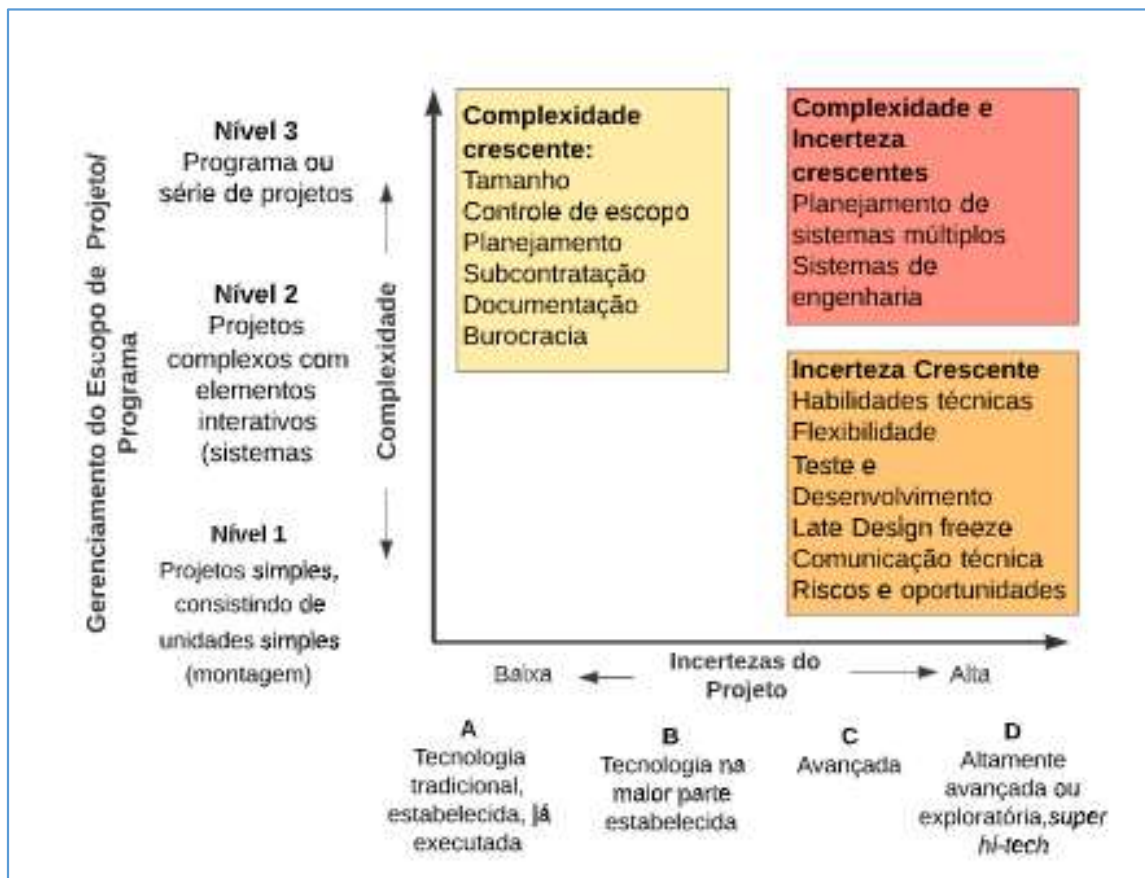
No entanto, a relação entre tecnologia e inovação está próxima, pois a maioria das novas ideias, são inovações tecnológicas e esse relacionamento é tão próximo que as palavras "inovação" e "tecnologia" são normalmente usadas como sinônimos (ROGERS, 2003). Os inovadores percebem a incerteza tecnológica na especificação do produto (ou seja, ferramentas técnicas) e nos processos de produção (ou seja, conhecimento) (HARRIS; WOOLLEY, 2009).

No entanto, a incerteza relacionada à especificação do produto, a viabilidade técnica, utilidade, funcionalidade ou qualidade da inovação, depende da novidade da tecnologia (SWINK 2000; TATIKONDA, WEISS 2001; TIDD, BODLEY 2002; NIETO 2004; CARBONELL, RODRÍGUEZ-ESCUADERO 2009, JALONEN, 2012).

Devido a estrutura dos projetos de inovação, Shenhar e Wideman (2000), desenvolveram um sistema de classificação tanto para o conteúdo tecnológico referenciado como Incerteza do Projeto quanto para o gerenciamento de escopo em projetos e programas referenciado como Complexidade. Mediante essa classificação, os autores desenvolveram uma abordagem bidimensional que contempla os níveis de incerteza e complexidade dos projetos, conforme figura 9.



Figura 9 - Classificação de projetos por complexidade e incerteza



Fonte: Adaptado de Shenhar e Wideman (2000).

Através desta classificação os autores realizam questionamentos sobre os estilos de gestão mais adequados para cada natureza do projeto, que devem estar relacionados com o tipo de produto e trabalho necessário para o desenvolvimento desse produto.

Os níveis ou dimensões de conteúdo tecnológico envolve o grau de maturidade tecnológica do projeto (graus de incerteza tecnológica), atividades de planejamento, integração e capacitação da equipe. Os autores relacionam os níveis de incerteza e complexidade de projetos de inovação conforme segue:

- Incertezas tecnológicas (SHENHAR E WIDEMAN, 2000):
  - Baixa - Tecnologia na maior parte estabelecida - Tecnologia tradicional, estabelecida, já executada através do uso de tecnologias existentes
  - Média – Avançada - Adaptação de tecnologias existentes, alguma nova tecnologia ou nova característica.
  - Avançada – Integração de diversas novas tecnologias existentes.

- Alta - Altamente avançada ou exploratória, *super hi-tech* através da integração de tecnologias essenciais que não existiam no início do projeto.

Os níveis avançado e alto de incerteza tecnológica podem ser vistos como exemplos de mudanças tecnológicas fundamentais que exigem transição de um paradigma tecnológico para outro e, portanto, não são apenas menos prováveis de ocorrer e também estão associados a maior incerteza do que a inovação em uma determinada trajetória (SHENHAR et al., 1995).

➤ Complexidade (SHENHAR E WIDEMAN, 2000):

- Baixa - Nível 1 - Projetos simples, constituído de unidades simples (montagem) - Construído ou desenvolvido mediante um conjunto de componentes e módulos combinados numa única unidade, quer como um subsistema de um sistema maior, ou um produto autónomo que executa uma função única.
- Média – Nível 2 - Projetos complexos com elementos interativos (sistemas) - Construído ou desenvolvido através de um conjunto de subsistemas e elementos interativos que executam uma ampla gama de funções ou atividades.
- Alta - Nível 3 - Programa ou série de projetos - Construído ou desenvolvido através de uma coleção de sistemas que funcionam em conjunto para alcançar um objetivo comum.

A incerteza tecnológica na inovação surge devido à falta de conhecimento dos detalhes da nova tecnologia ou à falta de conhecimento necessário para o uso da nova tecnologia. Conforme os níveis de complexidade e incerteza são mais altos em um projeto, são necessários planejamento para integração de vários sistemas e ciclos de desenvolvimento tal como análise e gerenciamento de riscos constantes (SHENHAR E WIDEMAN, 2000).

## 2.12 Processo de Qualificação da Tecnologia

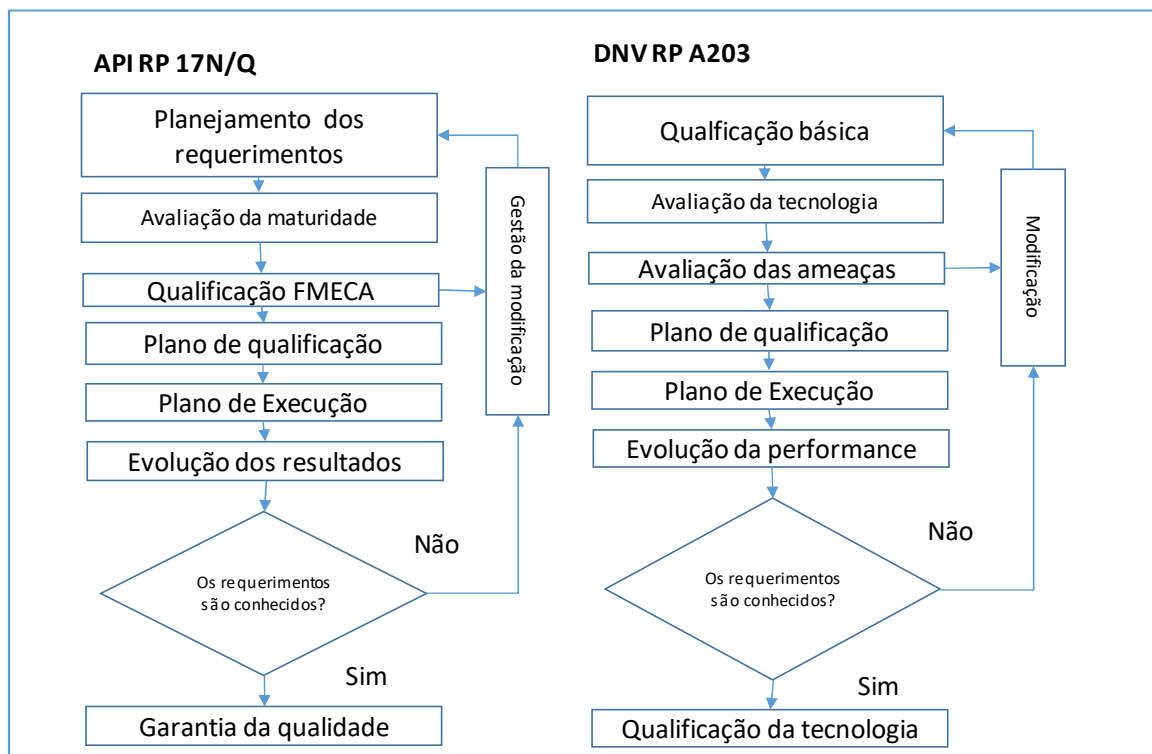
A qualificação da tecnologia (QT) é um processo que assegura que uma tecnologia será inserida em um sistema baseada em alguns fatores como: maturidade, funcionalidade, prontidão do ambiente e habilidade de integração dentro do sistema pretendido (DNV RP-A203, 2011).

Esses fatores podem ser classificados e avaliados por algumas métricas, dentro do processo de QT, como a métricas TRL (*Technology Readiness Level*) e IRL (*Integration*

*Readiness Level*) (YASSERI, 2016). Para realização da avaliação da qualidade da tecnologia, é necessário observar alguns desafios (ASTRIMAR, 2019):

- A escala da tecnologia que será desenvolvida, pois nem sempre é possível construir o modelo ou protótipo na escala natural;
- Aplicações específicas ou sob medida, devido riscos específicos limitados por determinados requerimentos;
- Falta de procedimentos e padrões para o processo de QT.
- Os fluxos representados pela API-RP-17N (2009) e DNV-RP-203 (2011), demonstram o processo de qualificação tecnológica, conforme figura 10.

Figura 10 - Fluxos de Processos de QT



Fonte: Adaptado Astrimar (2019).

Verifica-se similaridades na proposta de aplicação da QT, tanto para a norma API-RP - 17N/Q quanto para a norma DNV-RP-A203 (ASTRIMAR, 2009):

- Considera os requerimentos do produto na fase de planejamento;
- O uso de métricas para avaliação da maturidade, que pode ser a TRL e IRL;
- Uso de ferramentas de análise de modos de falha, como o FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*) ou FMECA (*Failure Mode Effect Critical Analysis*);

- Recomenda-se o planejamento de como deve ser executada a qualificação;
- Recomenda-se a execução em todo o processo de desenvolvimento;
- Avaliar os resultados em decorrência dos requerimentos do desenvolvimento;
- Gestão da modificação em caso de alteração e reavaliação do fluxo;
- Plano de manutenção da garantia da qualidade.

### 2.13 TRL - Technology Readiness Level

Em meados da década de 1970, a NASA desenvolveu e introduziu uma escala de Níveis de Maturidade Tecnológica ou *Technology Readiness Level*, para tornar a avaliação e comunicação entre as disciplinas dos projetos mais eficazes, sobre a maturidade de novas tecnologias (MANKINS, 2009).

Inicialmente, a TRL foi elaborada em uma escala de 7 pontos, com base em experiência de projetos anteriores, da qual o desempenho dependia da maturidade tecnológica e em 1989 a métrica foi estendida para uma escala de 9 pontos (OLECHOWSKI, 2016). Desde então, a TRL foi adotada para auxiliar líderes com relação a integração de uma tecnologia em um sistema maior, sendo adotada por organizações de vários segmentos, entre eles: Desenvolvimento de Ciência e Engenharia, Desenvolvimento de Softwares, Ciência Médica e Saúde, Departamento de Segurança, Indústria de Petróleo e Gás (YASSERI, 2016).

Dentre tantas aplicações sobre o uso da TRL, a NASA conceituou que o nível mais baixo é o TRL 1, onde os princípios básicos são observados e relatados e o nível maior, TRL 9, identifica que a tecnologia foi incorporada está em produção e operacional (MALONE, 2018).

O Comitê Brasileiro de Aeronáutica e Espaço, através da Comissão de Gerenciamento de Programas Espaciais e Qualidade, elaborou a norma ISO16290, que define e apresenta a métrica TRL para avaliação da maturidade da tecnologia não apenas em sistemas espaciais, mas para qualquer domínio mais amplo (ISO16290, 2015).

A figura 11 apresenta um resumo de cada nível da TRL, suas definições e marcos alcançados (ISO16290, 2015). A segunda coluna descreve o marco alcançado em cada TRL enquanto a terceira coluna apresenta a descrição da informação a ser documentada para permitir uma avaliação apropriada de cada nível.

Figura 11 - Resumo da TRL: Marcos e resultados alcançados

TRL	Marco alcançado pelo elemento	Trabalho realizado (documentado)
TRL 1: Princípios de base observados e relatados	Aplicações potenciais são identificadas após observações de base, mas o conceito do elemento ainda não está formulado.	Expressão dos princípios de base previsto para uso. Identificação de potenciais aplicações.
TRL2: Conceito e/ou aplicação da tecnologia formulados	Formulação de potenciais aplicações e conceito preliminar do elemento. Nenhuma prova de conceito ainda.	Formulação de aplicação em potencial. Projeto conceitual preliminar do elemento, fornecendo entendimento de como os princípios básicos podem ser usados.
TRL 3: Prova de conceito analítica e experimental da função crítica e/ou da característica	O conceito do elemento é elaborado e o desempenho esperado é demonstrado por meio de modelos analíticos suportados por dados experimentais/ características.	Requisitos de desempenho preliminares (podem objetivar diversas missões). Projeto conceitual do elemento. Entrada de dados experimentais, definição e resultados de experimentos laboratoriais; Modelos analíticos do elemento para a prova de conceito.
TRL 4: Verificação funcional em ambiente laboratorial do componente e/ou maquete	O desempenho funcional do elemento é demonstrado por ensaios com maquete em ambiente laboratorial.	Requisitos de desempenho preliminares (podem objetivar várias missões) com definição de requisitos de desempenho funcionais; Projeto conceitual do elemento; Plano de ensaio de desempenho funcional. Definição da maquete para verificação de desempenho funcional. Relatórios de ensaio com a maquete.
TRL 5: Verificação em ambiente relevante da função crítica do componente e/ou maquete	. Maquetes não necessariamente em escala real, são construídas para verificar o desempenho por meio de ensaios em ambiente relevante, sujeitos a efeitos de escala.	Definição preliminar dos requisitos de desempenho e do ambiente relevante; Projeto preliminar do elemento sustentado por modelos apropriados para a verificação das funções críticas. Plano de ensaios das funções críticas. Análise de efeitos de escala; Relatórios de ensaios com a maquete de validação
TRL 6: Modelo demonstrando funções críticas do elemento em um ambiente relevante	As funções críticas do elemento são verificadas e o desempenho é demonstrado em ambiente relevante com modelos representativos em formato de configuração e função.	Definição de requisitos de desempenho e do ambiente relevante; Identificação e análise das funções críticas do elemento; Projeto do elemento, sustentado por modelos apropriados para a verificação das funções críticas; Plano de ensaio da função crítica; Relatórios dos ensaios com o modelo.
TRL 7: Modelo demonstrando o desempenho do elemento para o ambiente operacional	Um modelo representativo, refletindo totalmente todos os aspectos do projeto é construído e ensaiado com margens de segurança adequadas para demonstrar o desempenho em ambiente operacional.	Definição de requisitos de desempenho, incluindo definição do ambiente operacional. Definição e realização do modelo; Plano de ensaios do modelo; Resultado de ensaios com modelo.
TRL 8: Sistema real completo e aceito	O modelo do produto é qualificado e integrado ao sistema final pronto para a produção	Modelo é construído e integrado ao sistema final. Aceitação do sistema final.
TRL 9: Sistema real demonstrado por meio de operações em missão bem-sucedida	A tecnologia está totalmente madura. O elemento está em serviço, para a missão designada, no ambiente operacional real.	Comissionamento em fase inicial de operação. Relatório de operação.

Fonte: Adaptada ISO16290 (2015).

A abordagem da TRL pode ser encontrada em diferentes escalas na literatura, conforme figura 12. A API-RP-17Q (prática recomendada para o processo de Qualificação de Equipamentos Submarinos) utiliza a TRL iniciando do nível 0 ao 7, enquanto a ISO16290, NASA e o Departamento de Defesa dos Estados Unidos, por exemplo, utiliza a escala do nível 1 ao 9. No entanto, ambas possuem os mesmos objetivos, quando verificado as etapas de avaliação do desenvolvimento. A etapa de validação ou provas de conceito pode ser atendida no nível 3 e 4, enquanto na escala da API, concentra-se na escala 2 (ASTRIMAR, 2018).

Figura 12 - Comparação entre abordagens da TRL

	TRL		Estágio de desenvolvimento completo	
	0-7 (API RP-17Q)	1-9 (NASA, ISO16290, DOD)		
Pesquisa básica	0	1	Compreender os requerimentos das funções e performances	Ambiente de Pesquisa
Formulação do conceito	1	2		
Demonstração do Conceito	2	3		Torná-lo um dispositivo confiável
		4		
Desenvolvimento do protótipo	3	5		
Validação do produto	4	6		
Teste de integração do sistema	5	7	Crescimento da confiabilidade e redução da incerteza	
Sistema instalado pronto para operação	6	8		
Operação do Sistema	7	9		

Fonte: Adaptado (ASTRIMAR, 2018).

Para auxiliar o uso da TRL nos projetos, as organizações utilizam fluxos e questionários para identificar a fase da maturidade tecnológica, que devem ser apoiadas em evidências.

Olechowski (2016), fomenta que a TRL por si só não é suficiente para o gerenciamento bem-sucedido dos riscos, razão pela qual algumas metodologias foram incorporadas para

identificar melhor as incertezas durante a pesquisa e o desenvolvimento. A evolução na TRL depende unicamente da tecnologia envolvida, porém, o tempo e o custo podem variar de acordo com o objetivo do projeto, o que pode ser observado como desafios no processo (ASTRIMAR, 2019).

Os níveis baixos da TRLs refletem o fato de que uma ou mais condições para atingir uma tecnologia madura ainda não foram satisfeitas, como (ISO16290, 2015):

- Processos envolvidos na fabricação do elemento ainda não foram completamente definidos;
- Os requisitos de desempenho operacional ainda não foram completamente definidos;
- O elemento ainda não foi construído;
- Os requisitos de desempenho do elemento ainda não foram demonstrados em seu ambiente operacional.

A TRL pode ser aplicada em um elemento não havendo relação com a complexidade da tecnologia do conjunto, pois, sua avaliação consiste em um dado instante do tempo, que pode mudar se as condições que prevaleciam no momento da avaliação, não forem mais válidas (YASSERI, 2016).

Um estudo realizado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, através do Painel de Política da Inovação 2018, buscou mapear o ciclo de vida da inovação com relação a métrica TRL e sua aplicação, especificando como as universidades e centros de pesquisa contribuem para a maturidade tecnológica da inovação. Através desse estudo, foi possível observar que as universidades que realizam pesquisa para desenvolvimento da inovação tecnológica concentram suas entregas entre a TRL 1 e 2. A aplicação da métrica TRL no ciclo de vida da Inovação possibilita o lançamento de produtos com tecnologia madura para seu funcionamento no mercado, desde a pesquisa básica com forte atuação nos centros de pesquisa, universidades e ICTs, no processo de seleção de conceitos, testes e validações do protótipo em ambiente operacional através das ICTs em conjunto com as empresas (POLÍTICA DA INOVAÇÃO UTFPR, 2018).

## 2.14 IRL - Integration Readiness Level

Existem ainda lacunas da TRL com relação a avaliação de interconexões de sistemas complexos (YASSERI, 2018; GARG et al., 2017). A ferramenta IRL foi desenvolvida para abordar essas limitações através de uma métrica em escala similar a TRL (YASSERI, 2016). A IRL inicialmente, era utilizada como escala de 1 a 7 níveis e posteriormente foi expandida para uma escala de 9 níveis, para melhor alinhamento com a escala TRL (LONDON, 2014). A IRL pode ser contextualizada da seguinte forma (YASSERI, 2016):

- Avalia a integração entre duas ou mais configurações, componentes e / ou subsistemas;
- Estabelece um meio de reduzir a incerteza envolvida na integração de uma tecnologia a um sistema;
- Possibilita avaliação da integração, de modo a reduzir a integração de tecnologia obsoleta sobre tecnologia menos madura;
- Estabelece uma plataforma comum para o desenvolvimento de novos sistemas e avaliação da maturidade da inserção de tecnologia.

Nota-se, portanto, que apenas o TRL ou o IRL por si só não eliminarão o risco técnico do projeto, apenas identificará o nível de integração e a maturidade tecnológica.

As etapas da IRL podem ser avaliadas de acordo com a proposta da aplicação, ou seja, cada organização avaliar a melhor análise do ambiente e integração entre tecnologias, porem uma breve abordagem sobre as etapas da IRL pode ser verificada conforme quadro 5 (SAUSER, 2009).



Quadro 3 - Definição da IRL

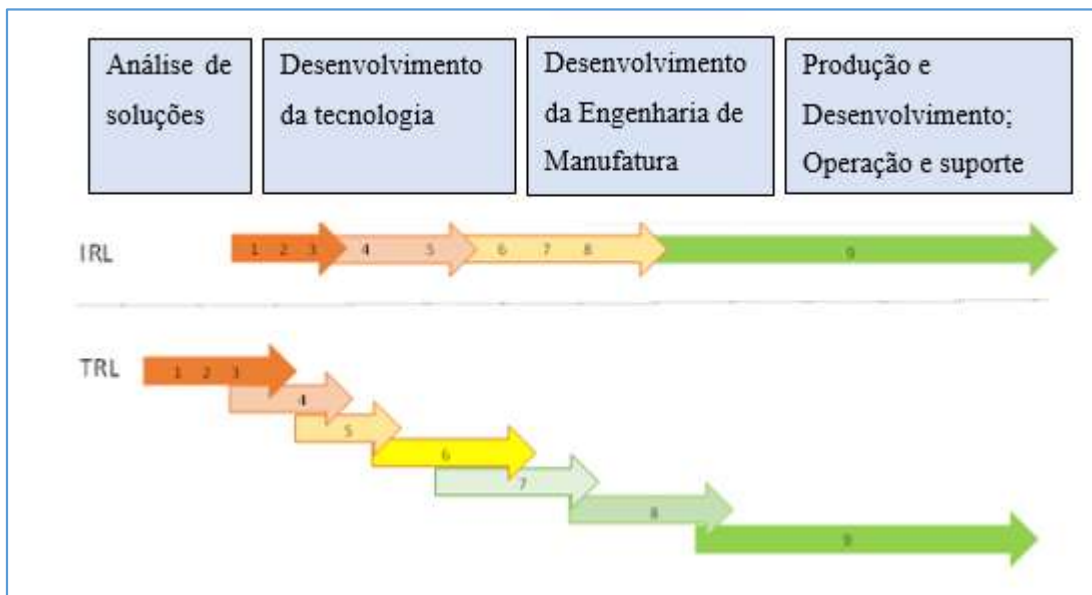
	IRL	DEFINIÇÃO	DESCRIÇÃO
Pragmática	9	A integração é uma missão comprovada configurando a operação bem-sucedida.	Representa as tecnologias integradas utilizadas no ambiente do sistema com sucesso. Para que uma tecnologia alcance o TRL 9, ela deve primeiro ser integrado ao sistema e então comprovada no ambiente relevante. Assim, a IRL 9 também implica o amadurecimento da tecnologia de componentes TRL 9.
	8	A integração atual completa é uma missão qualificada por meio de testes e demonstrações, no ambiente do sistema.	Representa que os requisitos estão atendidos por intermédio de uma demonstração no nível do sistema e ambiente. Isso revelará qualquer defeito desconhecido que não pode ser descoberto.
Sintática	7	A integração de tecnologias tem foi verificado e validado com detalhes suficientes para serem acionáveis	Representa um passo significativo; a integração tem que trabalhar em uma perspectiva técnica e também em uma perspectiva de requisitos, representa a integração para atender a requisitos como desempenho, taxa de transferência e confiabilidade.
	6	As tecnologias de integração podem aceitar, traduzir e estruturar Informações para a finalidade inscrição.	É o nível técnico mais alto a ser alcançado, incluindo a capacidade de não apenas controlar a integração, mas especificar as informações e a capacidade de tradução de dados.
	5	Existe controle suficiente entre tecnologias para estabelecer, gerenciar e encerrar a integração.	Informa a capacidade de um ou mais componentes integrar as tecnologias, incluindo estabelecer, manter e terminar
	4	Existe detalhes suficientes para assegurar a qualidade da integração entre as tecnologias	Tecnologias com falhas nunca progridem após a IRL 3. Vai além da simples troca de dados e exige um mecanismo para validação entre os dados enviados e dados recebidos.
Semântica	3	Existe compatibilidade entre tecnologias, ou seja, linguagem comum entre as tecnologias de forma integrada e eficiente.	Representa o nível mínimo necessário para fornecer a integração bem-sucedida. Isso significa que as duas tecnologias são capazes de não influencia negativamente uma na outra. Representa o primeiro passo tangível de maturidade.
	2	Existe algum nível de especificidade para caracterizar a interação (ou seja, capacidade de influenciar) por intermédio da sua interface.	Uma vez definido um meio, um método de sinalização, deve ser selecionado o modo que duas tecnologias integradoras possam influenciar uma a outra nesse meio. Como a IRL2 representa a capacidade de duas tecnologias influenciarem-se mutuamente dado meio, isso representa a prova de conceito de integração.
	1	A interface entre tecnologias foi identificada com detalhes suficientes para permitir a caracterização da relação.	Esse é o nível mais baixo da prontidão para integração e descreve a seleção de um meio de integração.

Fonte: Adaptado de SAUSER (2009)

## 2.15 Integração entre TRL e IRL

Conforme já verificado, como a TRL não avalia a integração com o ambiente, se faz necessário utilizá-la em conjunto com outras métricas, como por exemplo a IRL, que avalia a integração entre tecnologias na inovação e sua integração com o ambiente (DOD, 2008).

Figura 13 - Integração entre as métricas TRL e IRL



Fonte: Adaptado Department of Defense Instruction (2008).

A figura 13 aborda as etapas em conjunto da TRL e IRL cujas diretrizes estão alinhadas, pois, é na TRL quando inicia-se as provas de conceito que também inicia a integração entre duas ou mais tecnologias. Assim, realiza-se o processo de evolução tanto da TRL e IRL em conjunto (DOD, 2008).

As duas atividades de desenvolvimento e integração da tecnologia (TRL e IRL), podem ser representadas em um plano linear semelhante ao ciclo de vida no processo de desenvolvimento de projetos de engenharia (SAUSER, 2009).

Conforme figura 14, para avaliação da maturidade tecnológica e da sua integração com ambiente, devem ser considerados os fatores (DEMOGRAVI3, 2016):

- Nível de desenvolvimento tecnológico – avalia a pesquisa tecnológica, prova de viabilidade, produção piloto para demonstração da tecnologia, comissionamento do sistema para o mercado e operação do sistema para expansão;
- Escala de testes- avalia os testes e modelos tal como escala dos componentes a serem utilizados no processo de validação;
- Fidelidade e Integração tecnológica- avalia os recursos necessários para o processo de análise, peças e integração inicial entre os componentes;
- Ambiente – avalia a integração do usuário e do ambiente de realização dos testes e validações.

Figura 14 – Proposta de integração da TRL com a IRL

	TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9	
	IRL 1		IRL 2/ IRL 3	IRL 4/ IRL5		IRL 6	IRL 7	IRL 8	IRL 9	
Nível Relativo de Desenvolvimento Tecnológico	Pesquisa Tecnológica Básica		Pesquisa de prova de viabilidade		Desenvolvimento de Tecnologia		Produção Piloto & Demonstração da Tecnologia		Comissionamento do Sistema & Introdução inicial ao mercado	Operação do Sistema e Expansão do Mercado
	Invenção		Validação de conceito		Prototipação & Incubação					
Escala de testes			Testes em Laboratório / Modelos em Escala			Engenharia / Escala piloto	Escala real			
Fidelidade e Integração Tecnológica	Papel/Computador		Peças		Similar			Idêntico / Sistema Atual		
			Análise básica de componentes	Integração inicial de componentes		Modelos do Sistema / Subsistemas ou Prototipagem				
Ambiente			Usuário / Simulado		Relevante		Operacional			

Fonte: Adaptado Demogravi3 Project (2016)

## 2.16 Recomendações e normas relacionadas ao processo de QT

A qualificação da tecnologia é processo que fornece a evidência de que uma tecnologia funcionará dentro de limites de operação especificados com um nível de confiança aceitável. (DNVGL, 2107). Alguns padrões e práticas descrevem as etapas do processo de qualificação da tecnologia.

## 2.17 DNVGL - RP- A203 – Recommended Practice to Technology Qualification

Referente ao processo de desenvolvimento de produtos e tecnologias, a norma DNVGL-RP- A203 é uma prática recomendada por atribuir uma abordagem sistemática à qualificação de tecnologia (DNVGL-RP-A203, 2017). Esse processo é importante para a qualificação de tecnologias que não são cobertas por requisitos existentes e validados, tal como riscos de segurança, patrimônio, meio ambiente ou financeiro.

Essa prática identifica os modos de falha relevantes com mecanismos de falha subjacentes dos novos elementos de tecnologia e seus riscos associados. Os riscos são definidos pela probabilidade de falha e consequência da falha. Todos os modos de falha devem ter uma avaliação, considerando entre outros:

- Definir categorias de probabilidade e severidade das consequências;
- Definir riscos aceitáveis construindo, uma matriz de risco mostrando combinações (baixo risco), e combinações inaceitáveis (alto risco), tal como combinações intermediárias (risco médio), considerando as categorias de probabilidade e consequência.

Assim, as consequências das falhas devem ser detalhadas, considerando:

- As funções da tecnologia; Sistemas de interface; Operação e reparo; Segurança, saúde e meio ambiente.

Um método qualitativo para determinar o nível de risco pode ser usado para classificar o risco e concentrar os esforços no processo de qualificação. A finalidade deste sistema é manter a rastreabilidade de cada falha para garantir o processo de qualificação da tecnologia. Visando o controle e tratamento das ameaças que prejudicam o projeto e o desenvolvimento da tecnologia ou novo produto, a seguir são abordados alguns métodos que auxiliam nesse controle no quadro 5 (DNVGL-RP-A203, 2017).

Quadro 4 - Vantagens e Desvantagens de Métodos de Análise de Falhas

<b>Método</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desafios e/ou desvantagens</b>
<i>Failure Mode and Effect Critical Analysis</i> (FMECA)- Análise de Criticidade, Modos e Efeitos de Falhas	Sistemática e simples para aplicação	Investigação de apenas um modo de falha, não identificando combinações de falhas
<i>Hazard and Operability Studies</i> (HAZOP)- Estudo de Perigo e Operabilidade	Método sistemático que possibilita identificação de perigos potenciais e operacionais fora do escopo do produto	Requer informação detalhada para produzir resultados úteis. Necessária experiência do avaliador
<i>Failure Tree Analysis</i> - (FTA)- Árvore de Análise de Falhas	Conforme investigação do incidente já identificado	Não aplicável para identificar novos incidentes Demorado para configurar; não é adequado para modelar com precisão todos os tipos de sistemas
<i>Structured what-if check list</i> (SWIFT) - Check list	Aplicável mesmo se o detalhe do design não estiver disponível	A experiência do facilitador é essencial para elaboração do checklist
<i>Operational problem analysis</i> (OPERA)	Com foco na interface do produto	Ênfase em problemas técnicos e erro humano sem entrar em detalhes sobre causas Ênfase em problemas técnicos e erro humano sem entrar em detalhes sobre causas.
Revisão independente	Pode ser mais ou menos eficiente dependendo do recurso demandado.	Não é multidisciplinar e robusto como outras técnicas.

Fonte: Adaptação de DNVGL (2017).

## 2.18 API RP-17Q – Recommended Practice on Subsea Equipment Qualification

A API-RP-17Q é uma prática recomendada para o processo de Qualificação de Equipamentos Submarinos e garantia da Confiabilidade do Sistema, Risco Técnico e Gerenciamento da Integridade da tecnologia envolvida. As recomendações para o processo de qualificação da tecnologia, dependem da maturidade da tecnologia avaliada e do risco técnico, usando os níveis de maturidade tecnologia (*Technology Readiness Level* ou TRL) e a classificação técnica de risco (*Technical Risk Categorization* ou TRC), (API-RP-17Q, 2018).

Para o planejamento da avaliação de risco de cada fase no desenvolvimento de produto ou tecnologia, deve-se considerar a avaliação do TRLs e TRCs, cuidadosamente ao longo de um programa de qualificação, considerando as etapas abaixo:

- Etapa 1 - Planejar os requisitos;
- Etapa 2 - Avaliar a maturidade da tecnologia (usando TRL ou TRC);
- Etapa 3 - Selecionar o programa de qualificação: qualificação tecnológica, qualificação padrão, qualificação conforme uso comprovado;
- Etapa 4 - Usar FMECA (*Failure Mode Effect Critical Analyses*) como apoio ao desenvolvimento do plano de qualificação;
- Etapa 5 - Realizar plano que compreenda as atividades para qualificar a tecnologia de acordo com os requisitos do programa;
- Etapa 6 - Executar a qualificação por testes físicos ou simulações;
- Etapa 7 - Avaliar os resultados indicando melhorias no processo, se necessário;
- Etapa 8 - Realizar melhoria no produto se for necessário;
- Etapa 9 - Garantir a qualificação por relatórios;
- Etapa 10 - Continuar realização de testes conforme os TRLs 5, 6 e 7.

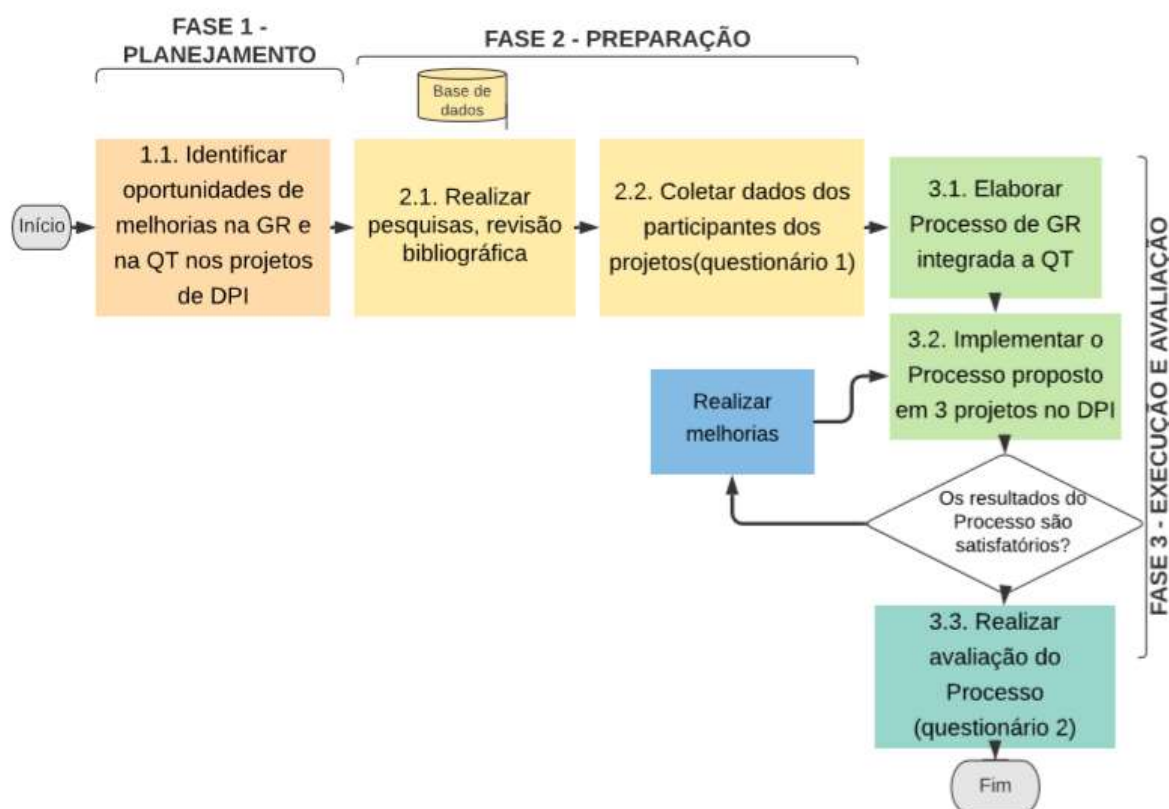
Conforme abordado, os projetos de inovação causam impactos reais no ambiente devido incertezas referentes ao processo de desenvolvimento quanto aos requisitos do produto (ANDRADE, 2004). No entanto, além da prática de avaliação e validação da maturidade tecnológica desses projetos, se faz necessário compreender e monitorar as fontes de riscos para garantir a prevenção de impactos negativos nos fatores ambientais do projeto (SOUZA; BEAL, 2019). O que se percebe é a necessidade de avaliar, tanto a qualificação tecnológica quanto os riscos e seus impactos simultaneamente. Esse processo de gestão permitirá aos gerentes dos projetos e as demais partes interessadas, conseguir monitorar os riscos para que os mesmos não afetem os objetivos do projeto. Baseado nas lacunas identificadas pelo quadro 1 e conforme explanado nesse capítulo de revisão teórica, percebe-se a necessidade do

desenvolvimento de um processo que unifique ou integre a gestão de riscos com a qualificação tecnológica justamente para conhecer as incertezas e quais seus efeitos (riscos); monitorar os riscos evitando seus impactos no projeto (identificar, classificar, monitorar e reduzir os riscos); auxiliar na garantia da maturidade (TRL/IRL) desejada em cada etapa do desenvolvimento; e enfim, auxiliar os gestores a atingir os objetivos do projeto relacionados aos requisitos do produto, cronograma, custo, segurança e meio ambiente gerenciados de forma alinhada e integrada durante o processo de desenvolvimento da inovação.

### 3. METODOLOGIA

Esse capítulo informa as etapas de desenvolvimento do Processo de Gestão de Riscos (GR) integrado a Qualificação da Tecnologia (QT). O cenário utilizado para realização dessa pesquisa foi o departamento de Engenharia de uma Instituição de Ciência e Tecnologia (ICT), cujo foco está relacionado ao desenvolvimento de inovação tecnológica e novos produtos no âmbito nacional e internacional. A escala de complexidade dos projetos também é ampla, visto que o departamento atende a diferentes portfólios industriais. As fases e etapas do desenvolvimento do Processo de GR integrado a QT pode ser observado na figura 15.

Figura 15 – Etapas de elaboração do Processo de GR integrado a QT



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

O processo foi estruturado em 3 fases, descritas abaixo:

- Fase 1 – Planejamento - Identificação de oportunidade de melhoria na Gestão de Riscos e Qualificação da Tecnologia em projetos inovação;
- Fase 2 – Preparação - composta pelas etapas de pesquisa, revisão bibliográfica e coleta (questionário 1) de dados dos participantes de projetos de inovação;
- Fase 3 – Execução e Avaliação - composta pelas etapas de elaboração do Processo de GR integrado a QT, implementação e avaliação (questionário 2) dos resultados.

### 3.1 Fase 1 - Planejamento

A fase de planejamento foi realizada para identificar as oportunidades de melhorias na Gestão de Riscos e no processo de Qualificação Tecnológica.

- **Como:** foi necessário conhecer os métodos e ferramentas utilizadas no departamento de engenharia. Também foi necessário conhecer as metodologias adotadas pelos gestores dos projetos indicadas pelo Escritório de Projetos da ICT.
- **Por quê:** a fim de compreender as principais atividades de desenvolvimento tecnológico, a complexidade de cada projeto e sua relação com as ferramentas adotadas para avaliação da qualificação tecnológica e gestão de riscos.
- **Quem:** nessa etapa, houve participação dos gestores das áreas e gerentes de projetos.

Conforme essa fase foi possível observar algumas oportunidades de melhorias, conforme segue:

- Abordagem da GR apenas para riscos gerenciais e técnicos sem avaliação dos impactos no meio ambiente e segurança;
- Necessidade de conhecimento nas métricas de Qualificação Tecnológica (TRL e IRL) para aplicação devida;
- Necessidade de integração da gestão de riscos com as métricas TRL e IRL pois as limitações tecnológicas, planejamento e execução dos testes não eram observados na Gestão de Riscos.

### 3.2 Fase 2 - Preparação

A fase 2 ou de preparação contempla as etapas de realização de pesquisa do estado da arte e revisão bibliográfica, assim como coleta (questionário 1) de dados empíricos nos projetos em andamento na ICT.



### 3.3 Realizar Revisão Bibliográfica

Conforme necessidade de melhoria nas ferramentas de GR e QT encontrada nos projetos, foi desenvolvido o artigo de Revisão Bibliográfica. Esse artigo evidencia lacunas sobre os métodos ou ferramentas existentes que considerem as ameaças e complexidade do desenvolvimento de inovação tecnológica integrada a gestão de riscos, conforme quadro 1 (SOUZA; BEAL, 2019).

### 3.4 Coletar e avaliar dados de participantes dos projetos da ICT (Questionário 1)

Levando em consideração os resultados encontrados no artigo de revisão de Souza e Beal (2019), tal como as oportunidades encontradas na fase 1, deu-se início ao processo de coleta de dados nos projetos.

- **Objetivo:** o questionário 1 teve como objetivo entender a efetividade da aplicação da Gestão de Riscos já utilizada nos projetos da ICT, sua abordagem e abrangência, tal como entender o processo de qualificação da tecnologia e como eram tratados os riscos decorrentes da avaliação da maturidade tecnológica dos projetos.
- **Como:** foi realizado um questionário (*Google Forms*) para verificar o uso das ferramentas de GR e QT nos projetos da ICT. O questionário 1 pode ser verificado na íntegra conforme Apêndice A.
- **Quem:** o questionário foi aplicado para 110 pessoas, tendo o retorno de 75% das respostas. O público convidado a responder o questionário possuía níveis de escolaridade e áreas de formações diferentes: Gestores da área de inovação, Gerentes de Projetos, Engenheiros, profissionais da área de ciências exatas, ciências humanas e ciências biológica, bolsistas do nível de graduação, bolsistas de mestrado e de doutorado.

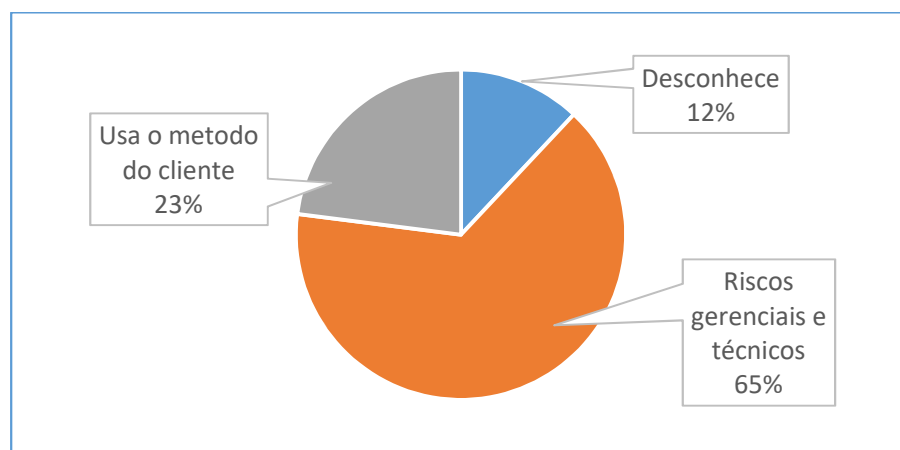
Conforme mencionado, o questionário 1 foi elaborado para coletar informações de como as ferramentas de GR e QT eram utilizadas no processo de desenvolvimento de inovação tecnológica. Segue as principais abordagens sobre o questionário 1:

- A primeira parte do questionário, após breve introdução ao objetivo do trabalho, o questionário buscou entender dos entrevistados, o perfil da equipe dos projetos (tempo

de experiência em projetos e multidisciplinaridade). Das respostas obtidas, 85,7% foram da área de ciências exatas e 11,4% da área de ciências humanas. Com relação ao nível de formação, 31,4% tinham graduação, 28,6% tinham especialização, 28,6% tinham mestrado e 8,6% com nível de doutorado. 100% dos que responderam o questionário participavam de projetos de inovação da ICT.

- A segunda parte do questionário buscou entender o nível de conhecimento em gestão de riscos, a aplicação da metodologia para gerenciar os riscos, a participação da equipe nas reuniões de risco e contribuições para melhoria da ferramenta existente, tal como a abordagem de riscos nas categorias meio ambiente e segurança. 25,7% dos participantes tinham acima de 15 anos de experiência em projetos de tecnologia. 51,4% atuavam na parte técnica e 51,4% atuavam tanto na área de gestão quanto na área técnica. 97,1% dos entrevistados afirmaram trabalhar em projetos multidisciplinares. 91,4 % reconheciam a função da gestão de riscos nos projetos. Com relação ao método de Gestão de Riscos utilizado, 65% informaram usar um método apenas para riscos técnicos e de gestão, 23% usa o método que o cliente indica, no entanto, 12% informaram desconhecer o método usado no projeto. Esse fator indica necessidade de treinamento para melhor difusão da proposta da GR, conforme figura 16.

Figura 16 - Qual é o método de Gestão de riscos usado atualmente nos Projetos que você atua?

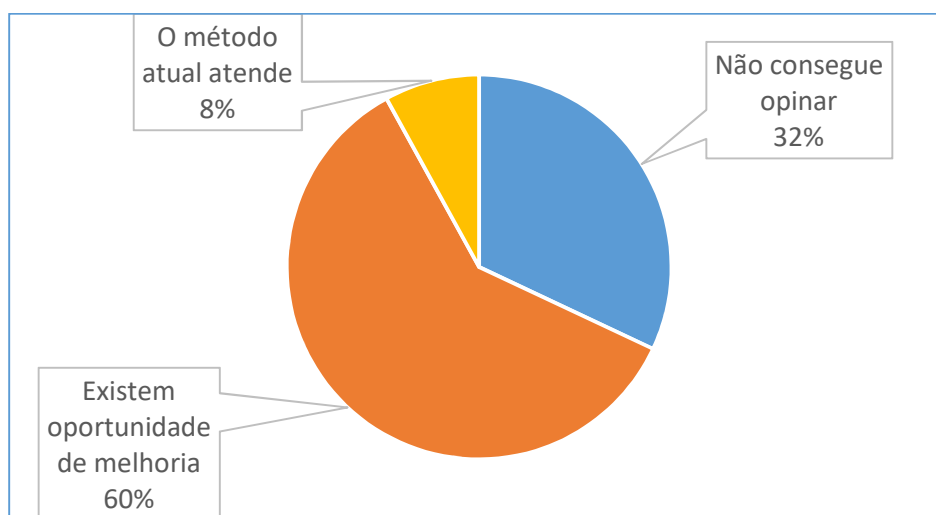


Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Foi questionado se o método usado atende aos níveis de complexidade dos projetos de inovação. Dentre as opções, 60% informaram que existem oportunidades de melhoria e 32%

não souberam opinar. Nesse caso, configura a necessidade de um processo de GR com uma linguagem em comum para diferentes tipos de projetos abrangendo diferentes complexidades e etapas de desenvolvimento. Percebeu-se também que 44% dos entrevistados consideram que a ferramenta atual da gestão de riscos deve ser melhorada para ser mais efetiva com relação ao plano de tratamento dos riscos e prazos das ações de mitigação do risco. 24 % não conseguiram opinar sobre a efetividade Gestão de Riscos nos projetos e 20% afirmam que é necessário alinhar o processo de qualificação tecnológica com o gerenciamento de riscos, conforme figura 17.

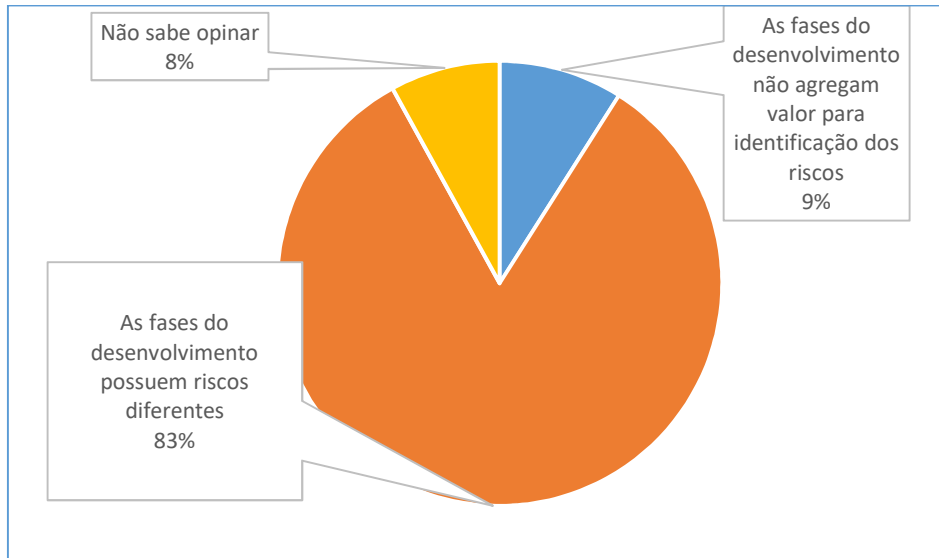
Figura 17 - Você considera que o método utilizado é robusto, considerando a complexidade e multidisciplinaridade dos projetos?



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

A terceira parte do questionário buscou apresentar uma introdução sobre a importância da qualificação tecnológica em projetos de inovação. Essa etapa também buscou entender o nível de conhecimento da equipe sobre a importância da integração entre as ferramentas TRL, IRL e a gestão de riscos. As etapas de desenvolvimento da inovação devem estar alinhadas com a TRL para avaliação da maturidade tecnológica. Sobre a relação entre GR e QT com as fases de desenvolvimento, 83% dos entrevistados afirmam que o processo de qualificação da tecnologia e a gestão de riscos devem acontecer em todas as fases do projeto, visto que cada etapa desse processo envolve riscos e tratamentos diferentes, conforme figura 18.

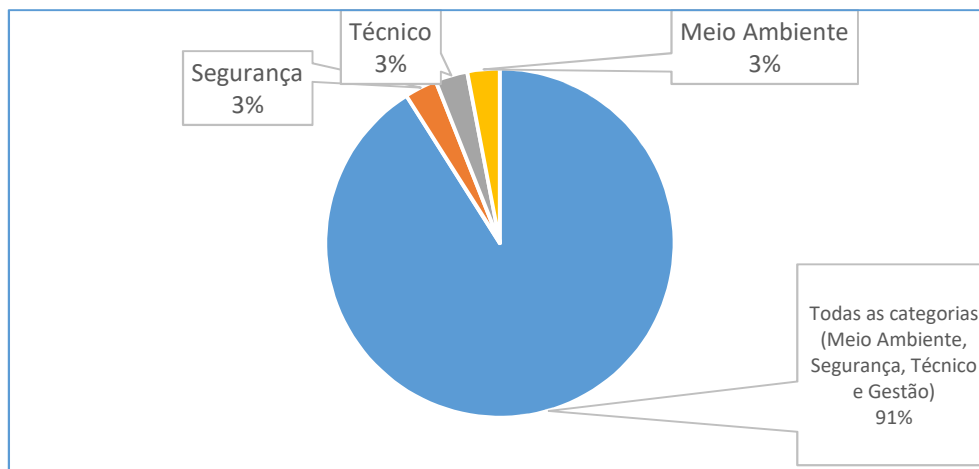
Figura 18 - Qual a sua opinião sobre a relação Riscos x Fase do Desenvolvimento da Tecnologia e Produto?



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Com relação aos tipos de fontes ou categorias de riscos que devem ser considerados no processo de análise e tratamento do risco, 91% dos entrevistados afirmam que não apenas riscos técnicos ou de gestão devem ser mapeados, sendo necessário também a inclusão dos riscos ao Meio Ambiente e Segurança, conforme figura 19.

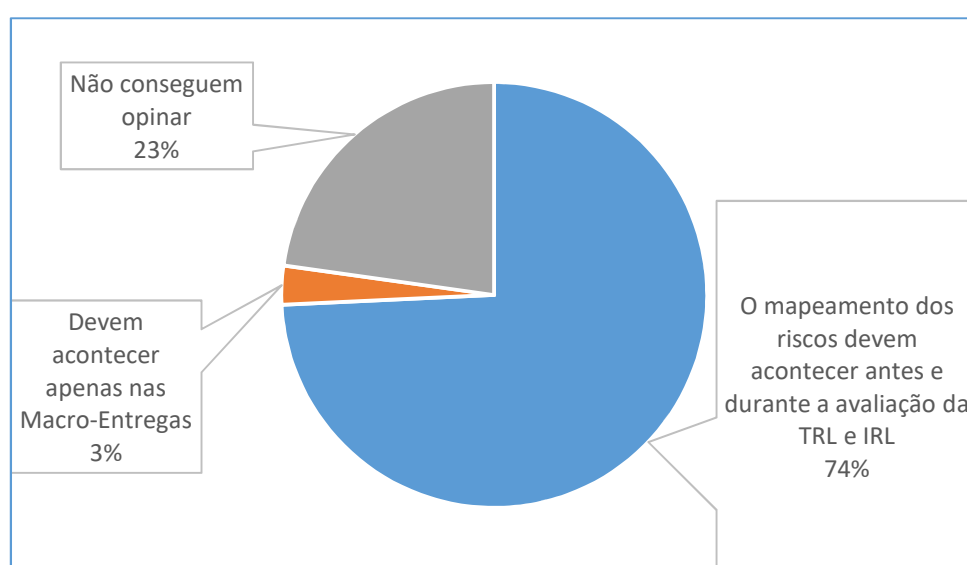
Figura 19 – Quais categorias devem ser consideradas na análise do risco, tratando-se de projetos complexos de tecnologia?



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Sobre a importância da avaliação das métricas de qualificação da tecnologia (TRL e IRL) em conjunto com a análise de riscos, 75% dos entrevistados julgaram que a integração é importante durante a qualificação da tecnologia, ou seja, durante todo o projeto. Porém, 23% dos entrevistados não souberam opinar devido à falta de conhecimento sobre a aplicação dessas métricas nos projetos, conforme figura 20.

Figura 20 - A métrica TRL estabelece padrões para avaliação do desenvolvimento tecnológico (nível do componente). Em sua opinião, a identificação dos riscos em conjunto com a TRL e IRL?



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

A quarta parte do questionário abordou a importância da integração do conhecimento entre os projetos, tal como os riscos inerentes em cada etapa do desenvolvimento. A troca de conhecimento entre projetos possibilita rapidez na comunicação com foco em prevenção a ameaças, pois riscos semelhantes podem acontecer. 77% dos participantes informaram que essa troca de informações pode acontecer através workshops e compartilhamento de experiências.

De acordo com os resultados do questionário foi possível identificar o nível de conhecimento da equipe com relação a gestão de riscos e a qualificação tecnológica de acordo com as fases do desenvolvimento dos projetos de inovação tecnológica e novos produto. Observou-se oportunidades para:

- Executar treinamentos nas métricas TRL e IRL para os integrantes dos projetos;

- Salientar sobre a importância da participação de equipes multidisciplinares nas reuniões de risco;
- Iniciar o desenvolvimento de um processo de integração entre a avaliação das métricas TRL, IRL e gestão de riscos.

Com as informações adquiridas na etapa de Preparação (tanto da pesquisa na literatura quanto no questionário 1, que coletou informações das equipes dos projetos da ICT), foi possível entender a necessidade do departamento para dar início ao desenvolvimento do processo de Gestão de Riscos integrado a Qualificação da Tecnologia.

### 3.5 Fase 3 – Execução e Avaliação

Essa fase é composta pelas etapas:

- Elaborar o Processo de GR integrado a QT;
- Implementar o Processo em 3 projetos da ICT;
- Avaliar efetividade do Processo (questionário 2).

### 3.6 Elaborar Processo de GR integrado a QT

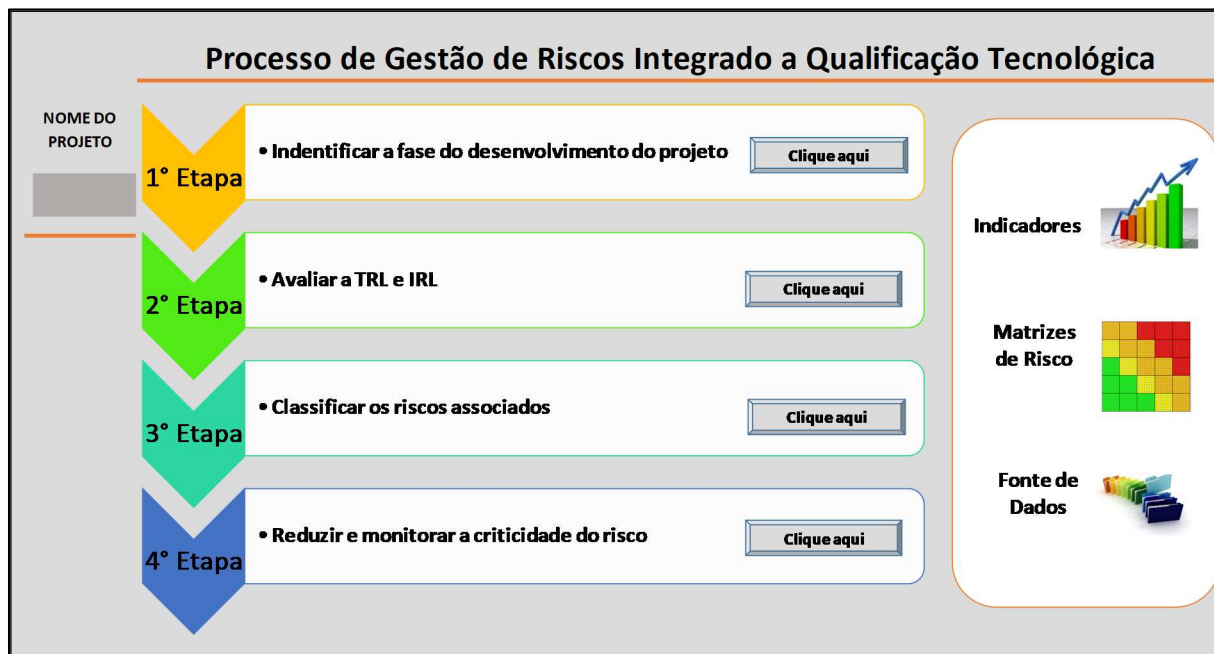
O gerenciamento de riscos é uma tarefa fundamental para a organização do projeto, mas muitas vezes não agrega valor ao processo, apenas representam como gerenciar um modo de falha como exercício “automático” (WILLUMSEN, 2019).

Conforme verificado na etapa anterior da metodologia, as oportunidades identificadas possibilitaram a elaboração do processo de GT integrado a QT.

- **Por quê:** como o objetivo do processo é justamente identificar os riscos que representem ameaças a qualificação tecnológica e avaliar os fatores de impacto (meio ambiente, segurança, gestão e riscos técnicos), foi importante agregar informações para que a equipe consiga identificar, classificar, tratar e monitorar os possíveis riscos e seus impactos.
- **Quem:** o Processo de GR integrado a QT deve ser liderado pelo gestor do projeto ou responsável indicado. Porém, é importante salientar que, para alcançar o objetivo desse processo, a liderança do Gestor do Projeto e dos líderes da equipe é um fator essencial para continuidade dos resultados.
- **Como:** o Excel foi escolhido como plataforma para elaboração do processo por possibilitar uso de formulas e demais integrações com o usuário A estrutura do processo

considerou o alinhamento entre: a etapa do desenvolvimento, a avaliação tecnológica e os riscos associados. Os detalhes das etapas podem ser observados na figura 21.

Figura 21 - Processo de GR integrado a QT

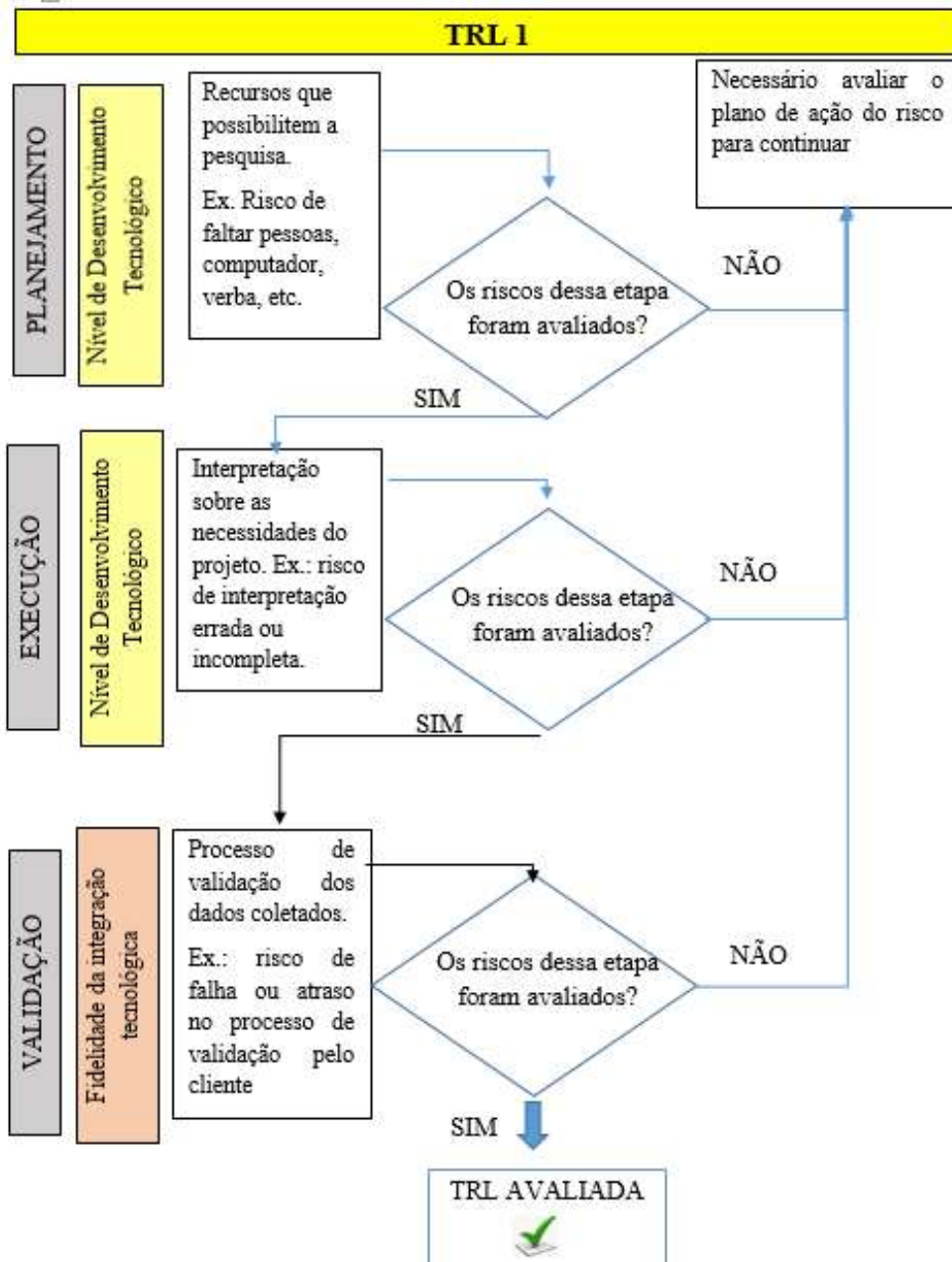


Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Conforme figura 21, segue descrição das etapas:

- **Primeira etapa:** a equipe deve avaliar a fase do desenvolvimento do produto (pode ser a atual ou as próximas fases), permitindo melhor planejamento e abordagem sobre as entregas das fases de forma preventiva. Os fatores que contribuem para a complexidade do desenvolvimento de produtos, consistem em um ciclo de desenvolvimento de longo prazo, participação de inúmeros parceiros e contratados de vários países e a natureza fluida da tecnologia considerando o dinamismo do ambiente externo (KARDES et al, 2013).
- **Segunda etapa:** a equipe avalia a maturidade tecnológica da fase do desenvolvimento. Para essa etapa, foi desenvolvido um fluxo simples contendo questões que possibilitam a equipe avaliar riscos no processo de planejamento, execução e validação de cada TRL e IRL, conforme figura 22. No Apêndice B, todos os fluxos podem ser verificados.

Figura 22 - Fluxo de identificação de riscos na avaliação da TRL e IRL – Exemplo TRL 1



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

- **Terceira etapa:** se a equipe identificou possíveis riscos no planejamento, execução ou validação da TRL e IRL, os mesmos devem ser registrados, conforme figura 23. Após a identificação para etapa de classificação, tratamento e monitoramento.



Figura 23 - Folha De Registro Do Risco - Identificação, Classificação, Tratamento e Monitoramento do Risco

Meio Ambiente	25/10/2019	E4 - Projeto Conceitual	Fase do Projeto Impactada	Projeto	Risco de contaminação ambiental de acordo com a solução utilizada para os acumuladores de energia.	Risco (1º Impacto/Consequência)	Risco (2º Impacto/Consequência)	Impacta a Validade da TRL/ IRL?	Severidade (Automático)	Remota (0,01%-1%)	Alto	Prevenir	Seleção da bateria e involucro e avaliação de fornecedor, identificando as certificações.	Quem?	01/11/2019	Continuamente	Data da Revisão do Risco	01/11/2019	Revisão do Risco	Selecionados fornecedores certificados- baterias e involucros já avaliados	Improvável (<0,01%)	Médio	NOTIFICAR	NOTIFICAR RISCO AO RESPONSÁVEL
<b>MONITORAMENTO DO RISCO</b>																								

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Conforme a figura 23, segue detalhes de cada campo.

- **Data**- identificação da data do registro do risco para manter o histórico no projeto;
- **Categoria** – trata-se da identificação da fonte do risco. Foram elaboradas 4 matrizes de risco (Apêndice C), considerando a abrangência no ambiente do projeto (ISO 9001; ISO 14001; ISO310000; DNVGL): Gerencial, Técnico, Meio Ambiente e Segurança.
  - **Segurança**- referente a fatores pessoais e riscos de segurança, os acidentes ainda ocorrem nos setores industriais, mesmo após ter conhecimento da segurança do processo e disponibilidade de ferramentas para análise, na gestão de segurança, conforme Hollnagel (1998). Por isso a análise da segurança deve sempre considerar fatores de riscos em todos os possíveis cenários. Tal como o desenvolvimento de produtos, em um cenário de desenvolvimento complexo, baseado nos requisitos do cliente, sob pressão para projetar e desenvolver produtos cujos riscos devem ser mitigados (KHAN, 2018). A segurança é uma categoria que deve ser considerada no desenvolvimento de produtos complexo, recorrendo a ferramentas para mensurar e controlar riscos (ISO 31000010, 2012);
  - **Meio Ambiente** - considera impactos relacionados a poluição, destruição de fauna e flora e uso dos recursos naturais; A respeito da Sustentabilidade e Meio Ambiente, se caracterizam como uma das principais áreas onde os projetistas, desenvolvedores e fabricantes de produtos enfrentam muitos desafios devido aos impactos dos processos no ambiente. Indica-se identificar na gestão de riscos de um processo de desenvolvimento de tecnologia e inovação, impactos do material e processo avaliando o ciclo de vida do produto (KHAN, 2018). Analisar categorias configura-se uma prática importante devido muitos fatores envolvidos, pois, envolve sistemas e subsistemas, equipes multidisciplinares com diferentes níveis de experiência, incertezas tecnológicas e necessidade de atendimento a leis nacionais e internacionais (MATSUMOTO, 2010);
  - **Gerencial** - considera impactos no cronograma, escopo, custo, comunicação com os *stakeholders*, rotatividade, entre outros fatores;
  - **Técnico** - considera impactos nos resultados dos testes, análise de falhas nos componentes e funcionamento da tecnologia;

- **Fase do Projeto** - é necessário o mapeamento de cada fase para identificação dos riscos (COOPER, 2007);
- **Amplitude do Risco** - Se o risco está associado ao produto ou ao projeto. Quando a amplitude do risco afeta o Projeto, considera fatores e estrutura macro do desenvolvimento. Ex.: rotatividade, variação do câmbio, prestação de contas, gerenciamento das entregas com os clientes. Quando a amplitude do risco afeta o Produto, relaciona-se a fatores que prejudicam a estrutura do produto. Ex.: Confiabilidade, viabilidade, testes, validação das métricas TRL e IRL.
- **Causa do Risco** - fatores que vão ocasionar o impacto ou consequências (negativas ou positivas) no projeto (ISO31000, 2009).
- **Risco** - Impacto ou consequência que vai influenciar no projeto. Uma causa do risco pode ter mais de uma consequência. Nesse caso, devem ser registrados 2 principais impactos no projeto;
- **Impacto a TRL e IRL** – nesse campo, a equipe seleciona se o risco impacta na avaliação maturidade e integração tecnológica;
- **Severidade** - demonstra a intensidade da consequência do risco: Catastrófico, Muito Crítico, Crítico, Moderado, Baixo (TALBOT, 2008);
- **Probabilidade** - Pode ser classificada como a chance de algo acontecer (ISO31000, 2009); A classificação da probabilidade auxilia a equipe identifica essa chance. No caso desse processo, integrantes da equipe e gerentes de projetos auxiliaram na classificação da probabilidade atribuindo percentuais, conforme histórico de projetos anteriores. Os dados ainda foram comparados e ajustados conforme a literatura (TALBOT, 2011; ISO31000, 2009):
  - Frequente (maior que 20%);
  - Provável (entre 10% a 20%);
  - Ocasional (entre 1% a 10%);
  - Remota (0,01% a 1%);
  - Improvável (menor que 0,01%);
- **Criticidade** - define o quão crítico o impacto do risco será no projeto (ISO31000:2019). A criticidade do risco pode ser definida por vários fatores, porém, para esse Processo, a criticidade será o produto da combinação entre níveis de severidade e a probabilidade. Na figura 24 pode ser verificado um recorte da matriz de riscos de gerenciais ou riscos de gestão. O nível de criticidade é indicado

por diferentes cores. Conforme figura 24, segue legenda referente a criticidade do risco:

- Muito alto (MA) - Ações imediatas exigidas pelo executivo com planejamento, alocação de recursos e monitoramento regular;
- Alto (A) - Ações imediatas exigidas pelo executivo com planejamento, alocação de recursos e monitoramento regular;
- Médio (M) - A responsabilidade de gerenciamento deve ser especificada;
- Baixo (B) - Monitoramento e gerenciamento por procedimentos de rotina;
- Muito Baixo (MB) - Gerenciado por procedimento de rotina.

Figura 24 - Exemplo da Matriz de Risco (Gerenciais) da ferramenta proposta



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

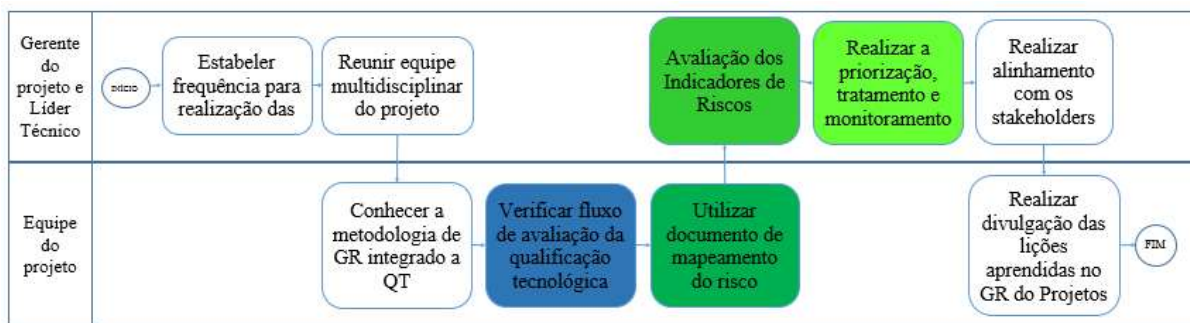
- **Tratamento do Risco** - identificar qual será o melhor tratamento para o risco (Mitigar, Prevenir, Explorar, Transferir e Aceitar (PMBOK, 2017; ISO31000, 2009);
  - Mitigar- Atuar na causa ou consequência para reduzir o impacto e/ou probabilidade do risco;
  - Prevenir - Remover a causa do risco;
  - Transferir/Compartilhar - Impacto absorvido parcial ou totalmente por terceiro;
  - Aceitar- Não tratar, comunicar a todos no projeto;
- **Plano de ação** – nesse campo deve ser descrito o que será feito para tratar o risco e evitar suas consequências no projeto;
- **Quem** - identificação do responsável ou responsáveis para executar o plano de ação;
- **Prazo** - data para revisão do risco;
- **Status** - se o tratamento do risco está em andamento, fechado ou parado (não iniciado);
- **Data da Revisão do Risco** – essa data é estabelecida de acordo com cada equipe do projeto. Indica quando o risco será revisado;
- **Revisão do Risco** - de acordo com a data estabelecida para a revisão do risco, a equipe deve indicar se houve efetividade no tratamento do risco;
- **Nova Probabilidade** – A equipe, conforme a revisão do risco, estabelece a nova probabilidade do risco;
- **Nova criticidade** – Se houver redução da probabilidade do risco, automaticamente a planilha já informa o novo nível de criticidade;
- **Notificar risco** – a notificação do risco é uma ação que o gerente do projeto ou líder deve realizar conforme nível de criticidade do risco.
- **Quarta etapa:** a quarta etapa do processo refere-se justamente a revisar o plano de ação estabelecido para o risco e verificar se o plano foi efetivo. Processo, cada disciplina ou área que constitui o projeto, deve participar das reuniões, resultando reuniões mais produtivas considerando riscos de diferentes aspectos.

### 3.7 Implementar a processo de GR integrado a QT em 3 projetos de inovação da ICT

Segue os detalhes da implementação:

- **Quando:** a implementação e uso do Processo aconteceu de maio 2019 e fevereiro 2020;
- **Como:** A figura 25 apresenta como aconteceu a implementação do processo em 3 projetos de inovação. Primeiro, foi o escopo do processo foi apresentado aos gerentes e líderes dos projetos. Assim, no segundo momento, a equipe do projeto começou a participar das reuniões de risco, conforme frequência estabelecida pelos líderes do projeto. Durante as reuniões de gestão de risco, as equipes dos projetos puderam avaliar e contribuir com melhorias na interface do processo (excel), tal como adequação aos projetos vigentes. A implementação da ferramenta aconteceu de forma constante, por meio reuniões regulares em projetos com complexidades variada, conforme figura 25.
- **Quem:** Gerentes dos Projetos, o Responsável Técnico ou Líder Técnico e os demais integrantes da equipe (engenheiros, pesquisadores, professores) participantes de 3 projetos de inovação em vários segmentos (Petróleo e Gás e Processos Químicos). O perfil dos projetos pode ser verificado na figura 26.

Figura 25 - Implementação do Processo de GR integrado a QT em reuniões dos Projetos



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Figura 26 – Perfil dos projetos de Inovação que implementaram e utilizaram o Processo de GR integrado a QT na ICT

Projeto	Área de atuação	Classificação da inovação usando critérios de Shenhar e Wideman (2000)		Etapa do desenvolvimento no momento da implantação e uso do Processo de GR integrado a QT
		Nível de Incerteza tecnológica	Níveis de Escopo	
1 – Equipamento Subsea	Petróleo e Gás	<b>Alta Tecnologia</b> (Integração de diversas novas tecnologias existentes)	Sistema (Construir ou desenvolver um conjunto de subsistemas e elementos interativos que executam uma ampla gama de funções ou atividades)	Fase informacional – da pesquisa básica a priorização dos requisitos; Fase conceitual-Elaboração e seleção dos conceitos do produto; Desenvolvimento e validação da rota tecnológica - Provas de Conceito em ambiente simulado.
2 – Monitoramento sísmico (fundo marinho)	Petróleo e Gás	<b>Alta Tecnologia</b> (Integração de diversas novas tecnologias existentes)	<b>Sistema</b> (Construir ou desenvolver um conjunto de subsistemas e elementos interativos que executam uma ampla gama de funções ou atividades)	Desenvolvimento e validação da rota tecnológica (prototipagem) - Teste e validação em ambiente relevante.
3 - Mineração	Mineradora	<b>Média Tecnologia</b> (Adaptação de tecnologias existentes, alguma nova tecnologia ou nova característica)	<b>Sistema</b> (Construir ou desenvolver um conjunto de subsistemas e elementos interativos que executam uma ampla gama de funções ou atividades)	Fase informacional – da pesquisa básica a priorização dos requisitos;

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Conforme a figura 26, os projetos de inovação que implementaram e usaram o Processo de GR integrado a QT na ICT desenvolvido por esse trabalho, possuíam diferentes características. Para classificar a inovação tecnológica desses projetos, foram realizadas análises dos escopos dos projetos, em conjunto com as equipes (Gerente do Projeto, Líder Técnico, engenheiros e técnicos), utilizando a abordagem desenvolvida por Shenhar e Wideman (2000), que se trata da combinação entre o nível de incerteza tecnológica e a complexidade do escopo.

Com relação a frequência estabelecida pelos líderes dos projetos para o uso do processo nas reuniões de risco, os projetos 1 realizava reuniões semanais, enquanto os projetos 2 e 3 realizava reuniões quinzenais.

### 3.8 Avaliação do processo de GR Integrado a QT pelas equipes dos projetos (Questionário 2)

Os detalhes dessa etapa podem ser verificados conforme segue:

- **Objetivo:** O objetivo do questionário 2 foi avaliar a efetividade do processo de GR integrado a QT com relação a aplicação nos 3 projetos (adaptação aos escopos), representação (clareza) e robustez (atendimento a normas e padrões). O resultado dessa avaliação será melhor abordado no tópico “Resultados e Discussões”. Para abordagem da avaliação e validação, foram utilizados normas e diretrizes conforme abaixo:
  - TRL/IRL- Métricas de Avaliação da Maturidade Tecnológica - Desenvolvida pela NASA, utilizada como padrão nos projetos EMBRAPII (TRL), ISO16025, ANP, ICTs e demais organizações internacionalmente;
  - PMBOK 6ª Edição - Guia de Boas Práticas em Gestão de Projetos; ISO 31000 - Norma Internacional de Gestão de Riscos;
  - ISO14001- Norma Internacional Gestão Ambiental (Diretrizes de Segurança);
  - ISO 9001- Norma Internacional de Qualidade (Diretrizes para Desenvolvimento de Produtos Industriais);
  - DNVGL- *Recommended Practice*- Qualificação da Tecnologia;
  - API RP - *Recommended Practice*- Qualificação de equipamentos *Subsea*.
- **Como:** foi elaborado um novo questionário (questionário 2), na plataforma Google Forms e aplicado apenas aos participantes dos projetos 1, 2 e 3.
- **Quem:** A população participante que respondeu ao questionário, equivale a 19% da população total dos projetos da ICT (engenheiros, técnicos, pesquisadores e gestores de projetos).



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esse tópico vai apresentar os principais resultados da implementação do Processo de GR integrado a QT e as melhorias associadas a esses resultados, o alinhamento das entregas com relação aos objetivos específicos do trabalho e uma tabela comparativa entre processos encontrados pela literatura.

O Processo de GR integrado a QT proposto nesse trabalho, apresenta de forma simultânea quais são os riscos que impactaram negativamente as entregas do desenvolvimento da inovação tecnológica abordando o ambiente que o sistema vai atuar.

Foram identificados 46 riscos relevantes nos 3 projetos de inovação, através do uso do Processo de GR integrado a QT. Segue o perfil de cada projeto com relação a TRL final, ou seja, objetivo da entrega, e as que foram avaliadas pelo Processo de GR integrado a QT, conforme figura 27.

Figura 27 - TRL final a ser entregue por cada projeto

Projeto	TRL final indicada	TRLs/IRLs avaliadas
1 - Equipamento Subsea	4	1, 2, 3
2 – Monitoramento sísmico (fundo marinho)	7	2, 3
3 - Mineração	6	1, 2

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

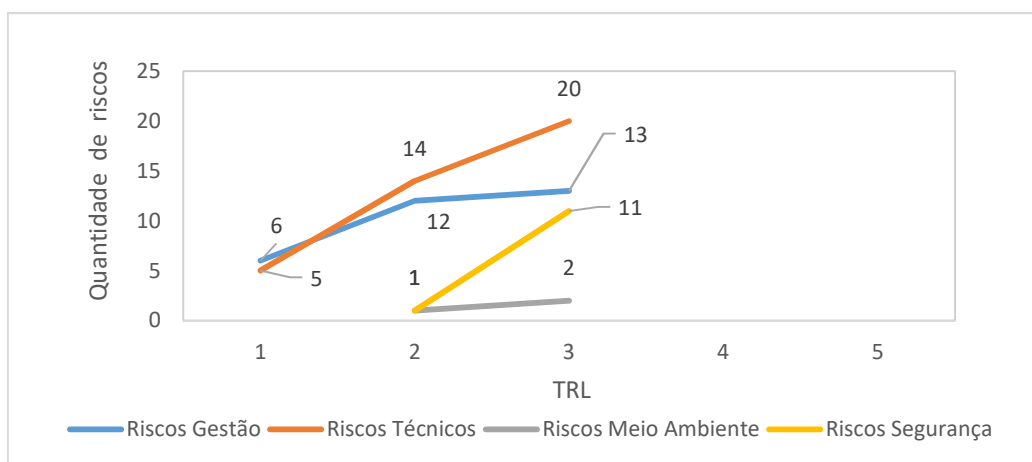
A TRL final é identificada no plano de trabalho de cada projeto. As partes interessadas, como o cliente, em parceria com as empresas que fomentam a pesquisa e o desenvolvimento científico, indicam a fase do desenvolvimento necessária a ser alcançada em cada projeto e o nível de maturidade tecnológica desse processo.

Durante a aplicação do Processo de GR integrado a QT, foi possível avaliar a tendência de aumento de riscos em determinadas TRL, devido aos parâmetros que são necessários serem avaliados.

Percebe-se na figura 28 que nas TRLs iniciais, não foram identificados riscos com impactos no Meio Ambiente e Segurança. Porém, quando verificado a TRL 3, na fase de planejamento das provas de conceito, foram avaliados riscos de Segurança. Nos projetos 1 e 2, as provas de conceitos foram planejadas em ambiente simulado com escala natural. Foram desenvolvidos manuais com sequência de montagem e, analisando esses manuais, percebeu-se

riscos de segurança, devido tamanho das peças, volume e condições dos testes, e também riscos ao meio ambiente. Com essa abordagem preventiva, foi possível planejar treinamentos necessários para evitar acidentes, tal como avaliar com as equipes responsáveis, possíveis danos ao meio ambiente. Com relação aos riscos técnicos, após a seleção de conceitos, TRL 2, as equipes conseguiram identificar possíveis riscos relacionados a disponibilidade da tecnologia no ambiente necessário ao projeto.

Figura 28 - Quantidade de Riscos por categorias conforme TRL/IRL nos projetos da ICT

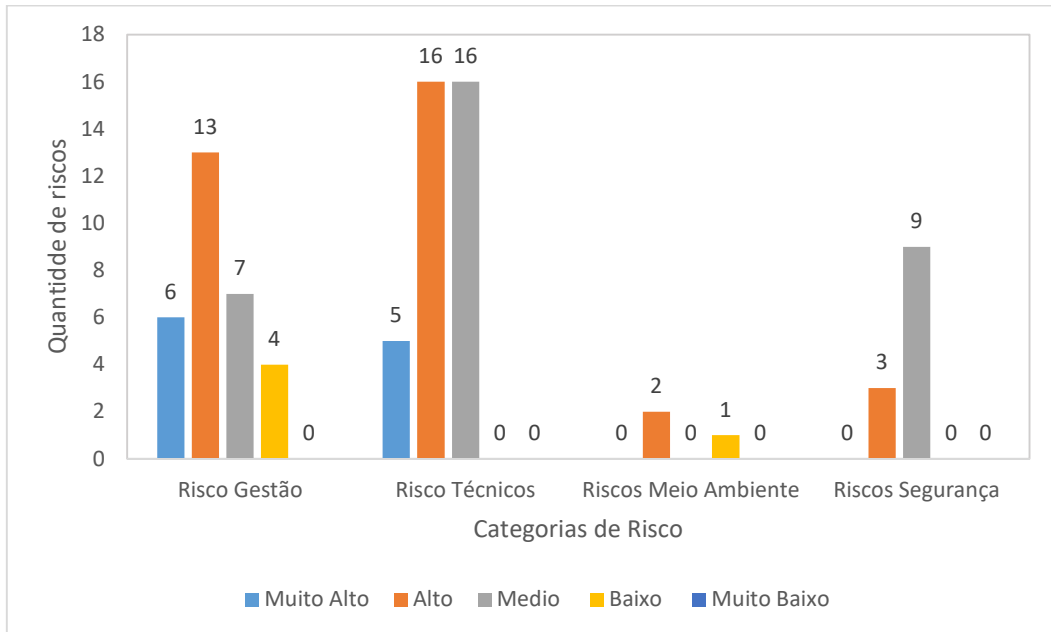


Fonte: Elaborado pela autora (2020).

O processo proporcionou uma visão sistêmica do que é necessário para avançar na TRL e IRL assim como os riscos e impactos de acordo com cada projeto.

Na figura 29 pode ser verificado que foram identificados riscos com grande impacto e alta probabilidade nas categorias de gestão, técnicos e de segurança. Recomenda-se o uso desse Processo para avaliação de riscos ao Meio Ambiente nas TRLs e IRLs de validação de conceito e prototipagem, pois, aumenta-se o contato com o ambiente externo e possíveis riscos a esses fatores.

Figura 29 - Análise da criticidade do risco de acordo com a categoria do risco



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Percebeu-se a que o Processo de GR integrado a QT foi de fácil adaptação nesses projetos, visto que são projetos de diferentes escopos. Avalia-se que o Processo proposto cumpriu seu objetivo de identificar os riscos, classificar e monitorar para as devidas tomadas de decisão de forma preventiva pelos gestores dos projetos.

Além da análise desses resultados, as equipes dos projetos 1,2 e 3, avaliaram o Processo proposto através de um questionário (questionário 2), cujo objetivo foi: Avaliar a efetividade do processo de GR integrado a QT com relação a aplicação aos projetos (adaptação aos escopos), representação (clareza) e robustez (atendimento a normas e padrões). O Processo foi avaliado com relação a:

- **Otimização do tempo nas reuniões de Gestão de Riscos:** através dos filtros pode ser priorizado os riscos mais críticos pois, esse processo pode ser demorado na etapa do *brainstorming* entre as disciplinas do projeto. O tempo investido nas discussões pode ser improdutivo se não houver uma delimitação clara das etapas que devem ser abordadas. Assim, 90% dos avaliadores afirmam que a ferramenta consegue otimizar o tempo usado nas reuniões, pois, o fluxo que aborda a TRL e ILR nas etapas de desenvolvimento se apresenta de forma simples e dinâmica. Com isso, a equipe consegue identificar de forma mais clara quais são os entregáveis e quais riscos estão envolvidos

- **Efetividade no tratamento dos riscos:** o monitoramento do risco acontece com objetivo de avaliar a efetividade do plano de ação e redução do nível de criticidade. Esse processo deve acontecer em cada reunião ou avaliação dos registros do risco, pois revisitar os riscos garante a verificação do plano de ação e validação dos recursos empregados para redução da probabilidade do risco.
- **Robustez do Processo:** a robustez do processo foi avaliada pelo questionário 2. Os requisitos foram confrontados com o nível de atendimento da ferramenta proposta em: Não atende; Atende Parcialmente; Atende Totalmente; Não Consigo opinar. A seguir, o resultado do questionário, análise das respostas e indicações de melhorias ao processo: monitoramento e resolução do risco.

A seguir as etapas e respostas do questionário 2:

- **Etapa: Identificação do Risco** - Nessa etapa, as questões sobre como identificar os riscos foram avaliadas considerando o impacto na qualificação tecnológica.

Figura 30 - Diretrizes para identificação do risco integrado a qualificação tecnológica em projetos de inovação

		Questões	Não Atende	Atende Parcial-mente	Atende totalmente	Não sei opinar
<b>IDENTIFICAÇÃO DO RISCO</b>	1	Projetos de alta variabilidade e complexidade, incorrem em mais incertezas e riscos, por isso, é necessária a identificação frequente das ameaças. Recomenda-se reuniões com frequência estabelecida para esse processo. O processo proposto atende a esse quesito?	0	22%	78%	0
	2	Por tratar-se de projetos de desenvolvimento de inovação tecnológica em uma ICT, a função e o desempenho dos componentes do produto ou tecnologia em desenvolvimento devem ser considerados em uma escala de qualificação (Por exemplo, identificação de riscos na etapa de planejamento dos testes para validação do conceitos). O processo proposto atende a esse quesito?	0	0	100%	0
	3	O processo de identificação dos riscos possibilita maior qualidade nas entregas dos projetos devido conhecimento das ameaças existentes em cada etapa do desenvolvimento do produto. O processo proposto atende a esse quesito?	0	11%	89%	0
	4	É considerada a qualidade da integração entre os componentes do produto, avaliando os requisitos regulamentares, função e desempenho. O processo proposto atende a esse quesito?	0	11%	89%	0
	5	Existe um processo ou fluxo que considere as etapas da avaliação da maturidade tecnológica de acordo com a fase, e quais são os possíveis riscos envolvidos. O processo proposto atende a esse quesito?	0	22%	78%	0
	6	Os desafios e entregas de cada etapa do desenvolvimento da tecnologia ou novo produto são verificados. O processo proposto atende a esse quesito?	0	22%	78%	33%
	7	Existe abordagem sobre as condições internas e externas do projeto considerando os requisitos de segurança dos testes e validações das etapas de desenvolvimento do produto. O processo proposto atende a esse quesito?	0	11%	89%	0
	8	A ferramenta utilizada na gestão de riscos deve priorizar os riscos mais críticos de forma simples e dinâmica. O processo proposto atende a esse quesito?	0	11%	89%	0
	9	Considera-se primordial a qualidade das informações na identificação dos riscos para melhor priorização e tratamento, devido impacto aos objetivos do projeto. O processo proposto atende a esse quesito?	0	22%	78%	0

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

A figura 30 mostra que não houve quesito ou diretriz avaliada como “Não Atende”. Porém, percebe-se uma oportunidade de melhoria nas questões 3, 6 e 8, pois, alguns dos avaliadores não souberam ou não entenderam a proposta do processo com relação ao quesito.

- **Etapa: Classificação do Risco** - No processo de classificação dos riscos, buscou-se avaliar a métrica de critérios na ferramenta de Gestão de Riscos, conforme verifica-se na figura 31.

Figura 31 - Diretrizes para classificação do risco integrado a qualificação tecnológica em projetos de inovação

		Questões	Não Atende	Atende Parcialmente	Atende totalmente	Não sei opinar
<b>CLASSIFICAÇÃO DO RISCO</b>	10	Considera-se a classificação do risco com mais de um impacto sendo relevante na sua criticidade. O processo proposto atende a esse quesito?	0	0	100%	0
	11	Fatores relacionados ao ambiente externo do projeto, são considerados no processo de classificação do risco. Ex.: Impacto ao meio ambiente e segurança. O processo proposto atende a esse quesito?	0	11%	89%	0
	12	Existem parâmetros para classificação do risco. Ex.: Criticidade = Probabilidade X Severidade do risco. O processo proposto atende a esse quesito?	0	11%	78%	11%
	13	Análise qualitativa, quantitativa ou quali-quantitativa é usada com objetivo de compreender os fatores de risco e se antecipar aos mesmos de acordo com a fase do projeto. Ex. matriz de riscos. O processo proposto atende a esse quesito?	0	11%	78%	11%

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Para assegurar a classificação dos riscos, o critério adotado é verificar a severidade e a probabilidade da ocorrência do risco. A importância dessa etapa resulta na otimização do tempo da equipe, pois, quando o risco é classificado como Muito Alto ou Alto, por exemplo, deterá maior atenção nas reuniões, e conseqüentemente, os recursos (tempo, orçamento, pessoas) serão alocado de forma a compreender os riscos com maior severidade e probabilidade.

Porém, nas questões 11 e 12 percebe-se uma tendência com relação as respostas, pois, 11% dos avaliadores não souberam opinar. Esses fatores configuram necessidade de melhoria em treinamentos para as equipes dos projetos.

- **Etapa: Tratamento e Resolução do Risco:** A etapa de tratamento e resolução do risco compreende também a fase de monitoramento dos riscos, conforme verifica-se na figura 32.

Figura 32 - Diretrizes para tratamento e monitoramento do risco integrado a qualificação tecnológica em projetos de inovação

	Questões	Não Atende	Atende Parcialmente	Atende totalmente	Não sei opinar	
TRATAMENTO E RESOLUÇÃO	14	São usados critérios para priorização do risco nas reuniões. Ex.: 1 - Verifica-se o prazo do plano de ação; 2- Verifica-se a criticidade do risco. O processo proposto atende a esse quesito?	0	10%	90%	0
	15	Indica-se o tratamento do risco por intermédio do plano de ação com responsável e prazo. O Gerente de Projetos ou responsável pelo projeto, avalia o andamento no plano de ação das reuniões para avaliar sua efetividade. O processo proposto atende a esse quesito?	0	0	100%	0
	16	Espera-se melhoria na tratativa das ameaças identificadas com relação a alocação de recursos e decisões referente ao risco. O processo proposto atende a esse quesito?	0	0	100%	0
	17	O impacto nas entregas é levado em consideração, inclusive a avaliação na maturidade tecnológica do produto. O processo proposto atende a esse quesito?	0	11%	89%	0
	18	Fatores que impactam na qualidade e entrega dos objetivos do projeto, como custo, qualidade, cronograma e requisitos do cliente, são avaliados de acordo com o risco. O processo proposto atende a esse quesito?	0	11%	89%	0
	19	As entregas dos projetos de inovação tecnológica têm sua importância identificada no tratamento dos riscos. Ex.: Impacto na maturidade da tecnologia, impacto no custo, cronograma e atendimento aos requisitos. O processo proposto atende a esse quesito?	0	0	89%	11%
	20	O monitoramento do risco acontece com objetivo de avaliar a efetividade do plano de ação e redução do nível de criticidade. O processo proposto atende a esse quesito?	0	11%	89%	0

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Nesse tópico, buscou-se entender se a execução da ferramenta nas reuniões está alinhada com as diretrizes sobre relação o impacto do risco na qualificação tecnológica e a efetividade da redução da criticidade do efeito do risco na etapa de desenvolvimento.

Verificou-se que nas questões, 15, 19 e 20, 11% dos avaliadores não souberam opinar sobre a efetividade do plano de ação dos riscos, nas reuniões, em relação ao papel dos gestores do projeto.

Conforme análise do questionário 2, foi elaborado um plano de ação para melhoria do Processo de GR integrado a QT, conforme figura 33.

Figura 33 - Plano de ação - melhorias no processo conforme avaliados no questionário 2

Questões	Lista de Melhorias
1	Foi usado como boa prática, marcar as rodadas das reuniões mais curtas, porém, mais frequentes. Ex: 1 hora semanal ou 1,5 h quinzenal.
5	Foi estabelecido que antes das reuniões, os líderes fizessem um overview sobre o status do trabalho do projeto para novos integrantes na reunião e qual TRL se deseja chegar na entrega final do projeto.
6	
9	
7	Foram estabelecidas reuniões frequentes com o Eng. de Segurança da ICT para levantamento de APR (Análise Preliminar de Risco) no processo de montagem, comissionamento e funcionamento dos testes dos projetos
12	As Matrizes foram apresentadas nas reuniões de Riscos mostrando possíveis riscos e respectivas severidades de acordo com os fatores de impacto: Meio Ambiente, Segurança, Técnico e Gestão.
13	
19	Para cada risco identificado, é verificado se impacta ou não na evolução da TRL e IRL (campo no formulário). Incluso campo de identificação no excel. Treinamentos mais frequentes para os novos integrantes dos projetos em TRL e IRL.

Fonte: Elaborado pela autora (2020)

O Escritório de Projetos da ICT também avaliou Processo de GR integrado a QT. Foi verificado o nível de complexidade durante o preenchimento e sua aplicação prática nos projetos. O conhecimento nas escalas TRL e IRL e a integração entre as fases do desenvolvimento da tecnologia também foram avaliados, pois são fatores necessários para identificação, classificação e monitoramento do risco.

Com isso, o processo proposto por esse trabalho foi adotado como padrão para 100% dos projetos da ICT, em janeiro 2020, tendo em vista a constante avaliação dos riscos em relação ao impacto na TRL e IRL. Esse processo aconteceu em forma de workshop e



treinamentos com as equipes dos projetos, com exercícios e aplicação prática para melhor ilustrar sua aplicabilidade. Nesses treinamentos, foram abordados:

- Gestão de Riscos;
- Qualificação Tecnológica e métricas de avaliação da maturidade da tecnologia em projetos (TRL e IRL);
- Desenvolvimento de Produtos de Inovação Tecnológica;
- Uso da ferramenta de Gestão de Riscos Integrada a Qualificação da Tecnologia (passo-a-passo);
- Fases do Desenvolvimento;
- Fatores de Impacto do Risco (Meio Ambiente, Segurança, Técnicos e Gestão);
- Ferramentas de suporte à Gestão do risco (*FMEA, DFMEA, APR, HAZOP*);
- Aplicação prática para consolidação da informação.

#### **4.1 Alinhamento dos resultados com os objetivos do trabalho**

Os detalhes do alinhamento entre os objetivos específicos do trabalho com relação as entregas, podem ser verificados a seguir:

- **Objetivo específico 1** – Identificar oportunidades de melhorias no processo de gestão de riscos em projetos de desenvolvimento de inovação tecnológica. Esse objetivo foi atendido, pois, durante o processo de identificação de oportunidades, foi possível entender as oportunidades de melhorias relacionado ao processo de desenvolvimento de inovação tecnológica, pois, por meio do questionário 1 elaborado e aplicado, a equipe conseguiu demonstrar o nível de conhecimento em gestão de riscos e sua aplicabilidade nos projetos.
- **Objetivo específico 2** - Desenvolver e aplicar um processo de gestão de riscos utilizando métricas para análise da maturidade ou prontidão tecnológica em projetos reais de inovação. Esse objetivo foi atendido, pois, no processo de desenvolvimento foram abordadas as considerações referentes à pesquisa bibliográfica, por meio da elaboração do fluxo de avaliação da TRL e IRL, buscando entender se existem riscos que impactarão negativamente no processo de qualificação da tecnologia e nas entregas do projeto. O questionário 2 foi aplicado em projetos reais de inovação com complexidades e incertezas diferentes. Foi possível identificar os riscos e

respectivos impactos usando a abordagem da avaliação da maturidade tecnológica nas reuniões de riscos.

- **Objetivo específico 3** - Avaliar a efetividade do processo proposto em projetos de inovação. Esse objetivo também foi atendido, pois, foi realizada a avaliação da efetividade do processo tal como melhorias. As melhorias foram realizadas conforme plano de ação estabelecido. O Processo de GT integrado a QT foi implementado em 100% dos projetos de inovação dessa ICT após avaliação e aprovação do Escritório de Projetos.

#### **4.2 Análise comparativa entre o Processo de GR integrado a QT e demais processos já existentes**

Esse tópico vai abordar uma análise comparativa entre os métodos e processos encontrados pela literatura com relação a análise de riscos e avaliação da maturidade tecnológica em projetos de inovação, conforme figura 34.

Figura 34 - Análise comparativa entre métodos e processos de gestão de riscos que abordam a maturidade tecnológica

Autor /Ano	Métodos	Conceito	Pontos Fortes	Pontos Fracos
Souza (Processo de GR integrado a QT - 2020)	TRL, IRL e Matriz de Riscos 5X5	Considera outras fontes de riscos absorvendo o ambiente do projeto (como meio ambiente, por exemplo)	Avalia os riscos e impactos dos entregáveis das etapas de desenvolvimento de forma preventiva, em forma de <i>check list.</i> ; utiliza conceitos do processo de qualificação tecnológica para abordagem dos riscos.	Interface não possibilita compartilhamento dos riscos e planos de ação entre projetos (desenvolvida no MS EXCEL); Para identificação dos riscos, é necessário conhecimento na escala de maturidade tecnológica e integração entre tecnologias, abordado no contexto do projeto.
Olechowski (2016)	TRL	Abordagem de riscos técnicos e gerenciais	Considera a avaliação da TRL a nível de subcomponente	A métrica sugerida não aborda outras fontes de risco, apenas técnico
Tomaschek (2016)	TRL	Abordagem de riscos técnicos	Vincula a complexidade do projeto ao uso da TRL	Pendente associação aos riscos <i>versus</i> avaliação da maturidade tecnológica; Usa apenas um questionário para medir a efetividade do nível de maturidade.
Matsumoto (2010)	Design Structure Matrix e TRL	Abordagem de riscos técnicos	Provê análise de interdependência entre os sistemas	Considera apenas riscos técnicos vinculados ao sistema e subsistema; Demanda que os resultados sejam avaliados por especialistas

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Adotados por Olechowski (2016) e Tomaschek (2016), realizam as análises do nível de maturidade tecnológica apenas com base na escala TRL. Matsumoto (2010), além de abordar a TRL, aborda também a DSM (*Design Structure Matrix*) que avalia o nível de interdependência entre subsistemas na análise da maturidade tecnológica. Relacionado aos processos e métodos propostos por Olechowski (2016) e Tomaschek (2016), as limitações se referem ao nível de abordagem no processo de desenvolvimento, pois, além de abordar apenas riscos técnicos, não abordam a gestão de riscos com aplicação frequente nos projetos, nem apresenta o monitoramento dos riscos para revisão da sua criticidade. A ferramenta proposta por Matsumoto (2010), mesmo apresentando a inclusão do DSM em seu processo de análise, essa ferramenta não aborda a criticidade dos riscos, tampouco avalia a severidade e o impacto dos riscos durante o desenvolvimento da tecnologia. O foco dessa ferramenta é avaliar o impacto na maturidade tecnológica no nível de subsistemas.

Um fator relevante, se tratando de desenvolvimento de inovação tecnológica é a abordagem sistêmica das tecnologias entre si e sua integração com o ambiente. Nesse caso, a

proposta do IRL adicionado a ferramenta proposta por esse trabalho, avalia os riscos que o processo de desenvolvimento pode ocasionar na integração durante a validação dos conceitos e testes de prototipagem.

O uso dessa ferramenta nos projetos dessa ICT possibilita identificação dos riscos mais críticos e conseqüentemente, quais devem demandar maior atenção da equipe. Utilizando o critério de reuniões com uma frequência estabelecida, a ferramenta se torna eficiente, pois avaliar de forma preventiva os riscos das etapas subsequentes.

## 5. CONCLUSÃO

Conforme objetivo proposto, o Processo de Gestão de Riscos integrado a Qualificação Tecnológica apresentada nesse trabalho, utiliza três conceitos já amplamente utilizados no âmbito de gerenciamento de projetos de desenvolvimento de inovação tecnológica, e permite também prover informações para tomada de decisões de Gerentes de Projetos dessa natureza.

O processo integra três conceitos, sendo: a Matriz de Risco, conforme proposto pelo guia de boas práticas PMBOK, porém com ajustes relacionado a abrangência dos fatores de riscos e fases do desenvolvimento do produto; o TRL, como proposta de análise para maturidade tecnológica a nível do componente e; o IRL, que avalia a integração das tecnologias envolvidas e sua interação com o ambiente do projeto.

Como demonstrado, a implementação do processo aconteceu em três projetos diferentes de inovação, além de terem escopos e níveis de incerteza da inovação distintos entre si: Equipamento *Subsea*; Monitoramento Sísmico e; Mineração. Percebeu-se que nos meses de uso do Processo de GR integrado a QT, foram identificados, classificados e monitorados 45 riscos divididos entre as TRL/IRL 1 a 3, nas categorias Riscos de Gestão, Riscos Técnicos, Riscos de Segurança e de Meio Ambiente. Além da classificação das categorias, verificou-se que 22% dos riscos foram encontrados na TRL 3 com impacto significativo na segurança. Como o intervalo das TRLs avaliadas dos projetos de inovação foram da TRL 1 a 3, avaliou-se que existem riscos desde o nível mais baixo de pesquisa básica (TRL1), cujos impactos estão mais alocados em Riscos de Gestão (gestão de recursos, variação do câmbio do dólar, rotatividade e comunicação entre os membros do projeto), até o desenvolvimento das provas de conceito, TRL 3, onde além de Riscos de Segurança, foram identificados riscos técnicos relacionados a adaptação da tecnologia com o ciclo de vida do desenvolvimento. Foi verificada relação da criticidade dos riscos, em uma escala de Muito Alto a Muito Baixo para cada categoria e impacto durante as avaliações da qualificação tecnológica.

A proposta desenvolvida e aplicada, cumpriu seu objetivo nos três projetos, mesmo sendo distintos, o Processo de GT integrado a QT, pois: identificou oportunidades de melhoria na Gestão de Riscos e na Qualificação tecnológica da ICT, que eram realizados em momentos distintos sem relação entre si; elaborou um processo integrado de Análise de Riscos com a avaliação da maturidade tecnológica, além de prover informações estruturadas pela matriz de riscos para auxiliar a equipe nas reuniões; por fim, através da avaliação da efetividade da

ferramenta, ainda foram identificados melhorias e os mesmos foram implementados, com relação a aplicação do processo nos projetos de inovação.

O uso do Processo de GR integrado a QT possibilitou a identificação de riscos críticos nas etapas de desenvolvimento que afetavam a qualificação da tecnologia, com impactos no custo, cronograma, integridade física (segurança), meio ambiente e satisfação do cliente. Ainda demonstra auxílio com a geração de indicadores salientando as principais áreas com riscos críticos e quais fatores são influenciados por riscos no processo de qualificação da tecnologia.

Porém, apesar de cumprir o proposto o Processo de GR integrado a QT apresentou algumas limitações, que não são críticas, todavia resultam em melhorias, como: amostra de validação do processo proposto limitada em apenas 3 projetos da ICT (devido necessidade de acompanhamento na implementação e uso do processo proposto nos projetos), aprimorar a interface da planilha de registro do risco com o usuário, possibilitando um processo mais dinâmico mediante elaboração de plataforma ou software; propor a consolidação e divulgação das lições aprendidas por etapa ou entregável de acordo com o risco.

Por fim, o Processo de GR integrado a QT estabelece padrões para classificar e priorizar o risco, provendo informações para decisões gerenciais, pois são definidos critérios claros como impacto no ambiente, na TRL ou IRL, segurança e em demais fatores críticos em projetos de inovação.

## **5.1 Recomendações para trabalhos futuros**

Como oportunidade de continuação para esse trabalho, ressalta-se a necessidade de integração e divulgação dos riscos entre projetos de inovação tecnológica em uma ICT, de forma dinâmica, por meio de um sistema ou software para redução do tempo no processo de transferência da lição aprendida e melhoria na gestão do conhecimento entre projetos.

Outra oportunidade advém da aplicação ou integração de métodos quantitativos de análise de riscos, que ofereçam parâmetros de confiabilidade de acordo com o escopo do projeto, vinculado aos requisitos do produto ou tecnologia em desenvolvimento.

A aplicação da ferramenta proposta avaliando o ambiente de montagem e manufatura com foco na maturidade tecnológica do processo produtivo, também pode ser foco de futuros estudos, associando métricas como a MRL (*Manufacturing Readiness Level*).

## REFERÊNCIAS

- AJAMIAN, Greg M.; KOEN, Peter A. **Technology Stage-Gate™: a structured process for managing high-risk new technology projects**. New York: John Wiley and Sons, 2002.
- ALMEIDA, Ilton Marchi de. **Proposta de uso integrado dos métodos Scrum e CCPM na gestão de múltiplos projetos**. 2017
- AHMED, Ammar; KAYIS, Berman; AMORNSAWADWATANA, Sataporn. **A review of techniques for risk management in projects. Benchmarking: An International Journal**, v. 14, n. 1, p. 22-36, 2007.
- American Petroleum Institute: Recommend Practice on Subsea Equipment Qualification, API 17Q, Second Edition, May 2018.
- AMORIM, Alysson Andrade; DE ANDRADE JUNIOR, Hermes. **Avaliação Da Sustentabilidade de Projetos de Inovação Tecnológica Desenvolvidos por Empresas Industriais Brasileiras**. Revista Gestão Industrial, v. 7, n. 3, 2011.
- ANDRADE, Thales de. Inovação tecnológica e meio ambiente: a construção de novos enfoques. **Ambiente & Sociedade**, v. 7, n. 1, p. 89-105, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO /IEC 3100010, Avaliação de Riscos**, Rio de Janeiro: ABNT 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14040: Gestão Ambiental- Avaliação do ciclo de vida- Princípios e estrutura**, Rio de Janeiro: ABNT 2009
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 16290: Sistemas Espaciais- definição dos níveis de maturidade da tecnologia (TRL) e de seus critérios de avaliação**, Rio de Janeiro: ABNT 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 310000: Gestão de Riscos**, Rio de Janeiro: ABNT 2018.
- ASTRIMAR. Training Course: **The Qualification of New Technology**. Monday 25th and Tuesday 26th March 2019; Presenters: Brasília; Prof. John Strutt and Brian Willis
- AZIZIAN, Nazanin; SARKANI, Shahram; MAZZUCHI, Thomas. **A comprehensive review and analysis of maturity assessment approaches for improved decision support to achieve efficient defense acquisition. In: Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science**. 2009. p. 20-22.
- BAGNATO, Vanderlei Salvador; ORTEGA, Luciane Meneguim; MARCOLAN, Daniel. Guia Prático II: Transferência de Tecnologia Parcerias entre Universidade e Empresa. São Paulo: Agência USP de Inovação, 2014. Disponível em: <[http://www.inovacao.usp.br/downloads/cartilha\\_TT.pdf](http://www.inovacao.usp.br/downloads/cartilha_TT.pdf)>. Acesso em: 29 de Janeiro 2020.

BASTCHEN, Gustavo; SILVA, Fernanda; BORSATO, Milton. Risk management analysis in the product development process. **Procedia Manufacturing**, v. 17, p. 507-514, 2018.

BEAL, Valter Estevão. Desenvolvimento de Produtos, SENAI CIMATEC, Salvador, Bahia. 2019.

BELVEDERE, Valeria. Cuttaia, F., ROSSI, M., & STRINGHETTI, L. Mapping wastes in complex projects for Lean Product Development. **International Journal of Project Management**, v. 37, n. 3, p. 410-424, 2019.

CARBONELL, P., RODRIGUEZ, A. I. The impact of market characteristics and innovation speed on perceptions of positional advantage and new product performance, *International Journal of Research in Marketing*, 23, 1–12. 2006.

COOPER, Robert G. Managing technology development projects. **Research-Technology Management**, v. 49, n. 6, p. 23-31000, 2006.

BRILHUIS-MEIJER. E, PIGOSSO, D., C., A., MCALOONE, T., M. **Integrating product and technology development: A proposed reference model for dual innovation**. 26th CIRP Design Conference  
32 – 37. 2016.

COOPER, RG. **Managing Technology Development Projects**. *IEEE Eng Manag Rev* 2007; 35:67–77.

DEMOGRAVI3 PROJECT, 2016. Disponível em: <<http://demogravi3.com/demogravi3-project/>> Acesso em: 15 de janeiro 2020.

Dissertação (Mestrado Profissional em Sistemas de Gestão) - Laboratório de Tecnologia, Gestão de Negócios e Meio Ambiente. Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2013.

DVIR, Dov., LIPOVETSKY, S., SHENHAR, A., TISHLE, A. **In search of project classification: a non-universal approach to project success factors**. *Research policy*, v. 27, n. 9, p. 915-935, 1998.

EDKINS, Andrew et al. **Exploring the front-end of project management**. *Engineering Project Organization Journal*, v. 3, n. 2, p. 71-85, 2013.

ELDRED, E. W., MCGRATH, M.E. **Commercializing New Technology—I**. *Research Technology Management*, 40, 1: 41-47.1997.

ELDRED, E. W., SHAPIRO, A. R. **Technology Management**. In M. E. McGrath, ed., *Setting the PACE in Product Development*. Boston: Butterworth and Heineman. 1996.

FERREIRA, Igor de Moraes. **Processos de gerenciamento de projetos de gestão: uma análise comparativa com o Guia PMBOK**. 2015. Tese de Doutorado.



FREEMAN, Chris. **The economics of technical change**. Cambridge journal of economics, v. 18, n. 5, p. 463-514, 1994.

GADD, S. A.; KEELEY, D. M.; BALMFORTH, H. F. **Pitfalls in risk assessment: examples from the UK**. Safety Science, v. 42, n. 9, p. 841-857, 2004.

GARG, T., EPPINGER, E., JOGLEKAR, N. **Using TRLs and system architecture to estimate technology integration risk**. In: DS 87-3 Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design (ICED 17) Vol 3: Product, Services and Systems Design, Vancouver, Canada, 21-25.08. 2017. 2017. p. 301-310000.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002. Métodos e técnicas de pesquisa social, v. 6, p. 22-23, 1999.

GOELZER, Viviane, NODARI, C.H., SOCCOL, L., SEVERO, E. **Análise de um processo de inovação a partir da ótica de gestão de projetos**. Revista de Gestão e Projetos-GeP, v. 5, n. 2, p. 78-89, 2014

GRUBISIC, Viviane Vasconcellos Ferreira et al. **Metodologia de Gerenciamento Integrado de riscos técnicos e gerenciais para o projeto de produtos**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

HARRIS, E., WOOLLEY, R. **Facilitating innovation through cognitive mapping of uncertainty**. International Studies of Management and Organization, 39. 2009

HOLLNAGEL, Erik. **Cognitive reliability and error analysis method (CREAM)**. Elsevier, 1998.

Department of Defense. D. O. D. 5000.02, Operation of the Defense Acquisition System. Washington, DC, 2008.

JALONEN, Harri. **The uncertainty of innovation: a systematic review of the literature**. Journal of Management Research, v. 4, n. 1, p. 1, 2012.

JULIAN, Talbot. **What's right with risk matrices?** Management Policy, 2011.

KARDES, I., OZTURK, A., CAVUSGIL, S., CAVUSGIL, E. **Managing global megaprojects: Complexity and risk management**. International Business Review, v. 22, n. 6, p. 905-917, 2013.

KOLESNIK, Teona Davidovna. **Research of the relationship of terms project management and innovation as a basis of effective mechanism of innovation development of Russia**. Sovremennye Issledovaniya Sotsialnykh Problem = Modern Research of Social Problems, Krasnoyarsk, n. 3, 15 p., 2013. Disponível em: <[http://journals.org/index.php/sisp/article/view/3201310004/pdf\\_166](http://journals.org/index.php/sisp/article/view/3201310004/pdf_166)>. Acesso em: 03 de Janeiro 2020.

KOH, S. C. L., SAAD, S.M., AHMED, A., KAYIS, B. **A review of techniques for risk management in projects**. Benchmarking: An International Journal, 2007.

KHAN, Raof Ahmad; ANAND, Ankush; WANI, Mohd Farooq. **A holistic framework for environment conscious based product risk modeling and assessment using multi criteria decision making.** Journal of cleaner production, v. 174, p. 954-965, 2018.

LAVANYA, N.; MALARVIZHI, T. **Risk analysis and management: A vital key to effective project management**, 2008.

LEITE, Dinah Eluze Sales; EMBRAER, S. A.; ARAUJO, Claudiano Sales. **Relação Entre As Variáveis Contextuais De Projetos De Desenvolvimento De Produto E O Aspecto Do Perfil De Liderança.** 2013.

BRASIL. Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016 – Código de Ciência, Tecnologia e Inovação. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 jan. 2016. Disponível em: Acesso em: 25 out. 2019

LONDON, M. HOLZER, T.H., EVELEIGH, T.J. **Incidence matrix approach for calculating readiness levels.** Journal of Systems Science and Systems Engineering, v. 23, n. 4, p. 377-403, 2014.

LUCAS, Eda. A disseminação da Cultura Empreendedora e a mudança na Relação Universidade-Empresa. In: Encontro de Estudos sobre Empreendedorismo E Gestão De Pequenas Empresas, II, 2001, Londrina, PR. Anais...Londrina, 2001. Disponível em: <<http://www.anegepe.org.br/edicoesanteriores/londrina/EMP2001-31000.pdf>>. Acesso em: 29 de janeiro 2020.

LUNDBERG, Jonas; ROLLENHAGEN, Carl; HOLLNAGEL, Erik. What-You-Look-For-Is-What-You-Find—The consequences of underlying accident models in eight accident investigation manuals. **Safety science**, v. 47, n. 10, p. 1297-1310001, 2009.

MAARTEN BONNEMA, G.; VAN HOUTEN, Fred JAM. Use of models in conceptual design. **Journal of Engineering Design**, v. 17, n. 6, p. 549-562, 2006.

MAKINS, J. C., Technology Readiness Levels. A White Paper. Advanced Concepts Office. Office of Space Access and Technology NASA 2004.

MALONE, Patrick K. Applying system readiness levels to cost estimates—A case study. In: **2018 IEEE Aerospace Conference.** IEEE, 2018. p. 1-18.

MANKINS, John C. Technology Readiness Levels: A White Paper. Advanced Concepts Office, Office of Space Access and Technology, NASA. 1995.

MANKINS, John C. Technology readiness levels: A white paper. <http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/trl/trl.pdf>, 1995.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. 7 ed. São Paulo; Atlas, 2010. 320 p.

MATSUMOTO, Sérgio Mitiharu. Proposta de Método para a Gestão de Riscos em Projetos de Inovação Tecnológica. Tese Instituto Tecnológico de Aeronáutica- Campo Montenegro, São José dos Campos, São Paulo, 2010.

MENDES, Marconi Magalhães. **Proposta de método para avaliação de riscos em projetos de inovação tecnológica.** Dissertação Instituto de Tecnologia para o desenvolvimento, Curitiba 2017.

MEREDITH, Jack R.; MANTEL JR, Samuel J.; SHAFER, Scott M. **Project management: a managerial approach.** John Wiley & Sons, 2017.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - MCTI. Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. Relatório FOMICT 2014: Política de Propriedade Intelectual das Instituições Científicas e Tecnológicas do Brasil. Brasília: DF, 2015. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0237/237597.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0237/237597.pdf)>. Acesso em: 29 Janeiro 2020.

MOTTA, Otávio Mansur. **Estudo de práticas para a gestão de megaprojetos com ênfase na estratégia empresarial: o caso das organizações de engenharia e construção.** 2013.

Nieto, M. Basic propositions for the study of the technological innovation process in the firm, *European Journal of Innovation Management*, 7(4), 214–324. 2004.

OLECHOWSKI, A., OEHMEN, J., SEERING, W. The professionalization of risk management: What role can the ISO 31000 risk management principles play. **International Journal of Project Management**, v. 34, n. 8, p. 1568-1578, 2016.

Painel: Política de Inovação. PROREC. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2018.

PERMINOVA, Olga; GUSTAFSSON, Magnus; WIKSTRÖM, Kim. Defining uncertainty in projects—a new perspective. **International journal of project management**, v. 26, n. 1, p. 73-79, 2008.

Project Management Institute. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos Guia PMBOK 6. ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2017

PRESIDENCIA DA REPÚBLICA – SECRETARIA GERAL - BRASIL. Lei 10.973, de 02 de dezembro de 2004. **Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm)> Acesso em: 29 de Janeiro 2020.

PRADO, Darci Santos do. Gerenciamento de Portfólios, Programas e Projetos nas Organizações (Série Gerência de Projetos–volume 1). Nova Lima (MG): INDG Tecnologia e Serviços, 2004.

PRCOSKOVICS, R., HUTTON, G., TORR, R, SCHEU, M.N. Methodology for Risk Assessment of Substructures for Floating Wind Turbines. **Energy Procedia**, v. 94, p. 45-52, 2016.

ROGERS, E. M. Diffusion of Innovations. 5ª Ed. New York: Free Press, 2003.

ROSA, Germano Mendes; TOLEDO, JC de. Gestão de riscos e a norma ISO 31000: importância e impasses rumo a um consenso. In: **V Congresso Brasileiro De Engenharia De Produção**. 2015.

ROVAI, Ricardo Leonardo; CATTINI JR, Orlando; PLONSKI, Guilherme Ary. **Gestão de riscos em projetos de inovação através da abordagem contingencial: análise conceitual e proposição de modelo estruturado para redução de incertezas em projetos complexos**. RAI Revista de Administração e Inovação, v. 10, n. 3, p. 269-295, 2013.

ROZENFELD, H. et al. Gestão de Desenvolvimento de Produtos. São Paulo/SP: Editora Saraiva, 2006.

SAUSER, Brian J. et al. 3.1. 1 Defining an Integration Readiness Level for Defense Acquisition. In: INCOSE International Symposium. 2009. p. 352-367.

SAVIAN, Fernando de Souza. Modelagem para Gestão de Riscos Organizacionais em Empresas de Base Tecnológica. Dissertação Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2018.

SCHWABER K. Agile project management with Scrum. Microsoft press, 2004.

SHAH, Liaqat-Ali et al. Decision-making in the manufacturing environment using a value-risk graph. Journal of Intelligent Manufacturing, v. 27, n. 3, p. 617-630, 2016.

SHENHAR, Aaron et al. Toward a NASA-specific project management framework. Engineering Management **Journal**, v. 17, n. 4, p. 8-16, 2005.

SHENHAR, Aaron. **One size does not fit all projects: exploring classical contingency domains**. Management Sciences, Catonsville, v. 47, n. 3, p. 394-414, mar. 2001.

SHENHAR, A. J.; WIDEMAN, R. M. **Optimizing Project Success by Matching PM Style with Project Type**. Stevens Institute of Technology, 2000.

Shenhar, A. J., Dvir, D. & Shulman, Y. **A two-dimensional taxonomy of products and innovations**. Journal of Engineering Technology Management, 12, p. 175-200. 1995.

SHRIVASTAVA, Suprika V.; RATHOD, Urvashi. Categorization of risk factors for distributed agile projects. **Information and Software Technology**, v. 58, p. 373-387, 2015.

SOUZA Sara M. O. A., BEAL Valter Estevão. Avaliação do Gerenciamento de Riscos para Desenvolvimento de Novos Produtos e Tecnologia: Revisão Integrativa De Literatura. International Symposium on Innovation- Senai Cimatec, Bahia, 2019.

SWINK, M. Technological Innovativeness as a Moderator of New Product Design Integration And Top Management Support, Journal Of Product Innovation Management, 17(3), 208-220. 2000.

TATIKONDA, M.V. Montoya-weiss, m. integrating operations and marketing perspectives of product innovation: the influence of project execution factors on operational and market outcomes in new product development, *management science*, 47(1), 151–172. 2001.

TEIXEIRA, C. S., DEPINÉ, A., **HABITATS DE INOVAÇÃO: conceito e prática**. Vol I., ISBN 978-85-464-0681-4, Habitats de inovação: conceito e prática, São Paulo: Perse. 294p. v.1: il, 2018.

TIDD, J., BODLEY, K. The influence of project novelty on the new product development process, *R&D Management*, 32(2), 127–138.2002.

TOMASCHEK, Katharina et al. A Survey of Technology Readiness Level Users. In: **INCOSE International Symposium**. 2016. p. 2101-2117.

TURCHI, Lenita Maria Organizadora; MORAIS, José Mauro de Organizador. Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações. 2017.

VERAS, M. Gerenciamento de Projetos: Project Model Canvas (PMC), Rio de Janeiro, 2014.

VERAS, C. Departamento de Engenharia Mecânica – UnB Agência Espacial Brasileira TRL – Technology Readiness Level - Métrica Indispensável na Inovação, 2018

VERITAS, Det Norske. Recommended practice. **DNVGL-RP-023, Recommended Practice, Technology Qualification, June 2007**.

WILLUMSEN, Pelle et al. Value creation through project risk management. **International Journal of Project Management**, v. 37, n. 5, p. 731000-749, 2019.

YANG, Kai; ZHAO, Ruiqing; LAN, Yanfei. The impact of risk attitude in new product development under dual information asymmetry. *Computers & Industrial Engineering*, v. 76, p. 122-137, 2014.

YASSERI, Sirous F. A measure of subsea systems' readiness level. **Underwater Technology**, v. 33, n. 4, p. 215-228, 2016.

YASSERI, Sirous; BAHAI, Hamid. System Readiness Level Estimation of Oil and Gas Production Systems. **International Journal of Coastal and Offshore Engineering**, v. 2, n. 2, p. 31000-44, 2018.

## APÊNDICE A– Questionário 1, elaborado pela autora (2019)

### GESTÃO DOS RISCOS - PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E TECNOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa de Mestrado, cujo objetivo é identificar possíveis melhorias que garantam a integração entre a Gestão de Riscos e a avaliação da maturidade tecnológica, por tratar-se de projetos de desenvolvimento de tecnologia e novos produtos, considerando os impactos ao ambiente do projeto.

1. Nome (informação opcional)

2. Área de Formação

- Ciências Exatas (Engenharia, Computação, Estatística e outros)
- Ciências Humanas (Administração, Arquitetura, Direito, Pedagogia e outros)
- Ciências Biológica (Biomedicina e outros)
- Outros

3. Qual é o seu nível de formação?

- Técnico
- Graduação
- Especialização
- Mestrado
- Doutorado

4. Você atua em projetos executados pela ICT (externos e/ou internos)?

- Sim
- Não

5. Poderia citar alguns dos projetos em que você atuou nos últimos 12 meses? (Informação opcional. Se possível coloque "empresa-nome do projeto")

6. Tempo de experiência na área

- Menor que 5 anos
- Entre 5 e 10 anos
- Entre 10 e 15 anos
- Acima de 15 anos

7. Área de atuação

- Técnica
- Gestão
- Ambas (Técnica e Gestão)

8. O seu tempo de dedicação a projeto(s) é de:
- Pouca (menor que 10% do seu tempo é dedicado a projetos)
  - Você possui dedicação integral a projetos (100%)

9.No(s) projeto(s) que você atua, possui equipes Multidisciplinar(es)? (Atuação de diferentes áreas de conhecimento/disciplinas como Mecânica, Elétrica, Software, Automação, Química, Software e outras)

- Sim
- Não
- Não sei informar

#### GESTÃO DE RISCOS EM PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E TECNOLOGIA

A seguir, questões relevantes a serem consideradas na proposta de Gestão de Riscos em Projetos de Desenvolvimento de Tecnologia e Novos Produtos.

10. Você sabe qual é função da Gestão de Riscos?

- Sim
- Não

11. Qual é o método de gerenciamento de riscos usado atualmente nos Projetos que você atua? (pode marcar mais de uma opção)

- Fluxo de Processos
- Método proposto pelo Cliente
- Identificação apenas de Riscos Gerenciais e Técnicos
- Difícil informar, pois usamos um método diferente para cada Projeto
- Desconheço

12- Qual é o seu nível de participação na Análise de Riscos no(s) projeto(s)?

- Não participo
- Participo como ouvinte
- Participo eventualmente
- Participo ativamente

13. Você considera que o método utilizado é robusto, considerando a complexidade e multidisciplinaridade dos projetos?

- Sim
- Não, existem lacunas
- Não consigo opinar

14. Se a resposta da questão anterior foi "Não, existem lacunas", o que pode ser melhorado em sua opinião?

(Opcional)

15. Você considera importante a interdisciplinaridade na Gestão do Risco? (Processo de transmissão e troca do conhecimento entre as disciplinas do projeto)

Sim

Não

Não consigo opinar

16. Qual a sua opinião sobre a relação Riscos x Fase do Desenvolvimento da Tecnologia e Produto?

Os riscos só podem ser identificados no início, meio e término do projeto;

Projetos dessa natureza possuem riscos específicos para cada fase;

As fases de desenvolvimento não agregam valor para identificação dos Riscos;

Os riscos podem ser considerados apenas como "gerais e abrangentes" para todo o desenvolvimento do projeto;

Nenhuma das alternativas.

17. A revisão dos riscos em uma determinada frequência é importante para análise da efetividade das ações de tratamento do risco (Ex.: semanal ou quinzenal)

Discordo

Nem concordo nem discord

Concordo

18. Quais categorias devem ser consideradas na análise do risco, tratando-se de projetos complexos de tecnologia? (selecione quais são importantes na sua opinião)

Meio Ambiente (Ex.: Interface da tecnologia no ambiente proposto)

Segurança (Ex.:realização de testes para Provas de Conceito, EPI, EPC, etc)

Técnico (Ex.: confiabilidade, viabilidade, integração, maturidade tecnológica, Integração Tecnológica, etc.)

Gestão (Ex.: cronograma, custos, escopo, comunicação, aquisição, etc.)

Todas as opções acima

Não consigo opinar

#### QUALIFICAÇÃO TECNOLÓGICA

A Qualificação Tecnológica é o processo que garante a validação e funcionamento da tecnologia, de acordo com os limites operacionais especificados. Além da necessidade de identificação dos riscos em cada etapa do desenvolvimento, outras métricas são aplicadas para esse processo de validação:

TRL - Technology Readiness Level - Avaliação da maturidade da tecnologia do Projeto;

IRL - Integration Readiness Level - Avaliação da Integração das tecnologias envolvidas no Projeto.



19. A métrica TRL estabelece padrões para avaliação do desenvolvimento tecnológico (nível do componente).

Em sua opinião, a identificação dos riscos em conjunto com a TRL

- Deve acontecer apenas nas Macro-Entregas do Projeto;
- Deve acontecer antes e durante a validação da TRL, pois é necessário conhecer as ameaças que podem impossibilitar a qualificação tecnológica;
- Não agrega valor, visto que são processos diferentes;
- Não consigo opinar

20. A métrica IRL estabelece padrões para avaliação da integração tecnológica (nível do conjunto). Em sua opinião, a identificação dos riscos em conjunto com a IRL

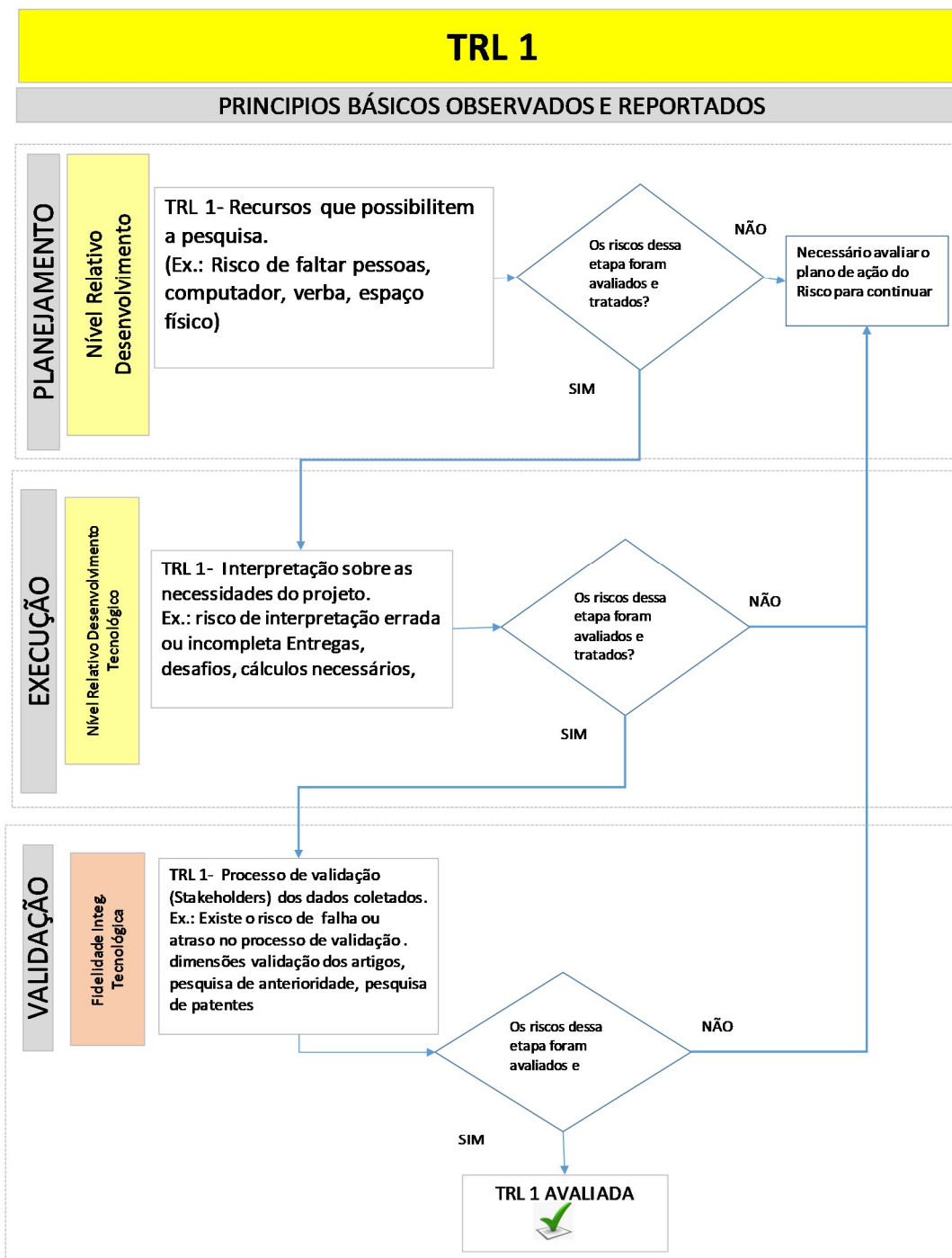
- Não é relevante, pois no processo de Integração não existem riscos que afetem a entrega do produto;
- Deve acontecer antes e durante a validação da IRL, pois é necessário conhecer as ameaças que podem impossibilitar a qualificação tecnológica;
- Deve acontecer apenas nas Macro-Entregas do Projeto;
- Não consigo opinar

#### LIÇÕES APRENDIDAS- DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E GESTÃO DE PROJETOS

22. Como as Lições Aprendidas podem ajudar na gestão dos riscos entre projetos? Marque as opções que você considera relevante.

- Através da divulgação dos Planos de Ações, para redução da probabilidade de riscos semelhantes em outros Projetos
  - Através do compartilhamento das experiências entre as equipes;
  - Utilizando uma interface compartilhada de gerenciamento dos riscos;
- Utilizando uma metodologia padrão que considere avaliar várias categorias ou fontes de risco;
- Realização de um Workshop na ICT para apresentação e integração dos times dos projetos.

## APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL



Registrar e divulgar as lições aprendidas da TRL 1

---



---



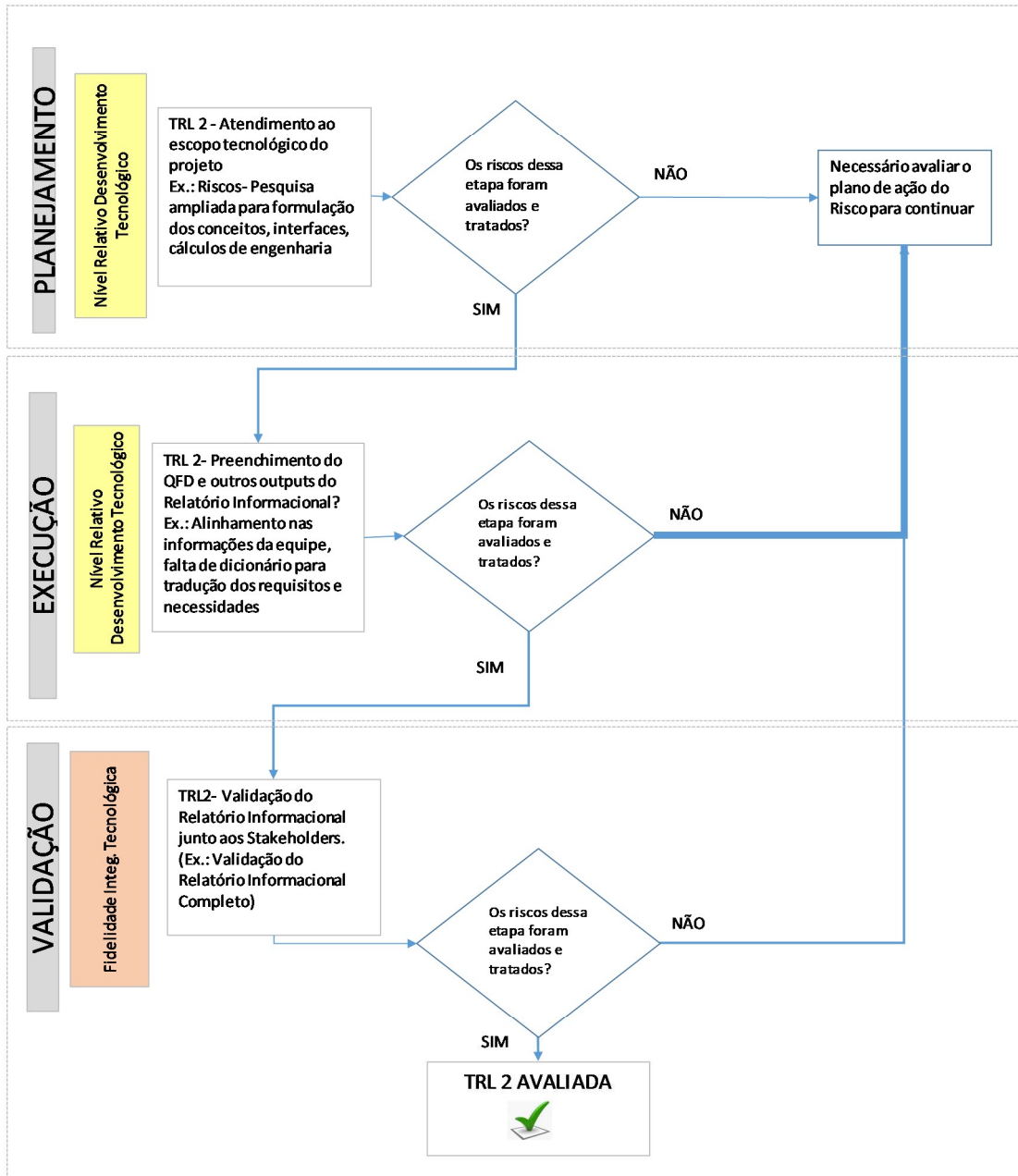
---

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL - Continuação

**TRL 2**

**FORMULAÇÃO DE CONCEITOS TECNOLÓGICOS E/OU APLICAÇÃO**



Registrar e divulgar as lições aprendidas da TRL 2

---



---



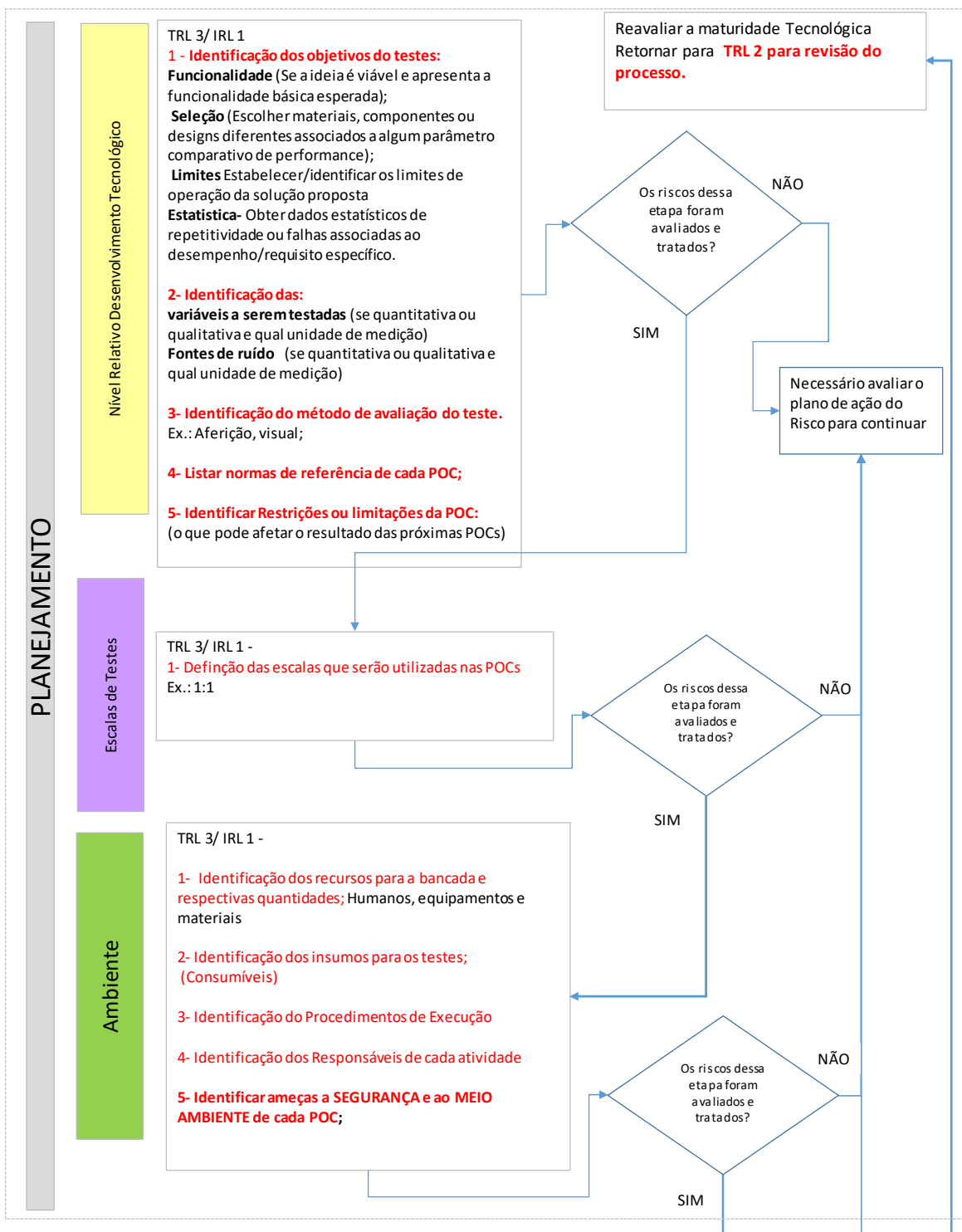
---

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

## APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL - Continuação

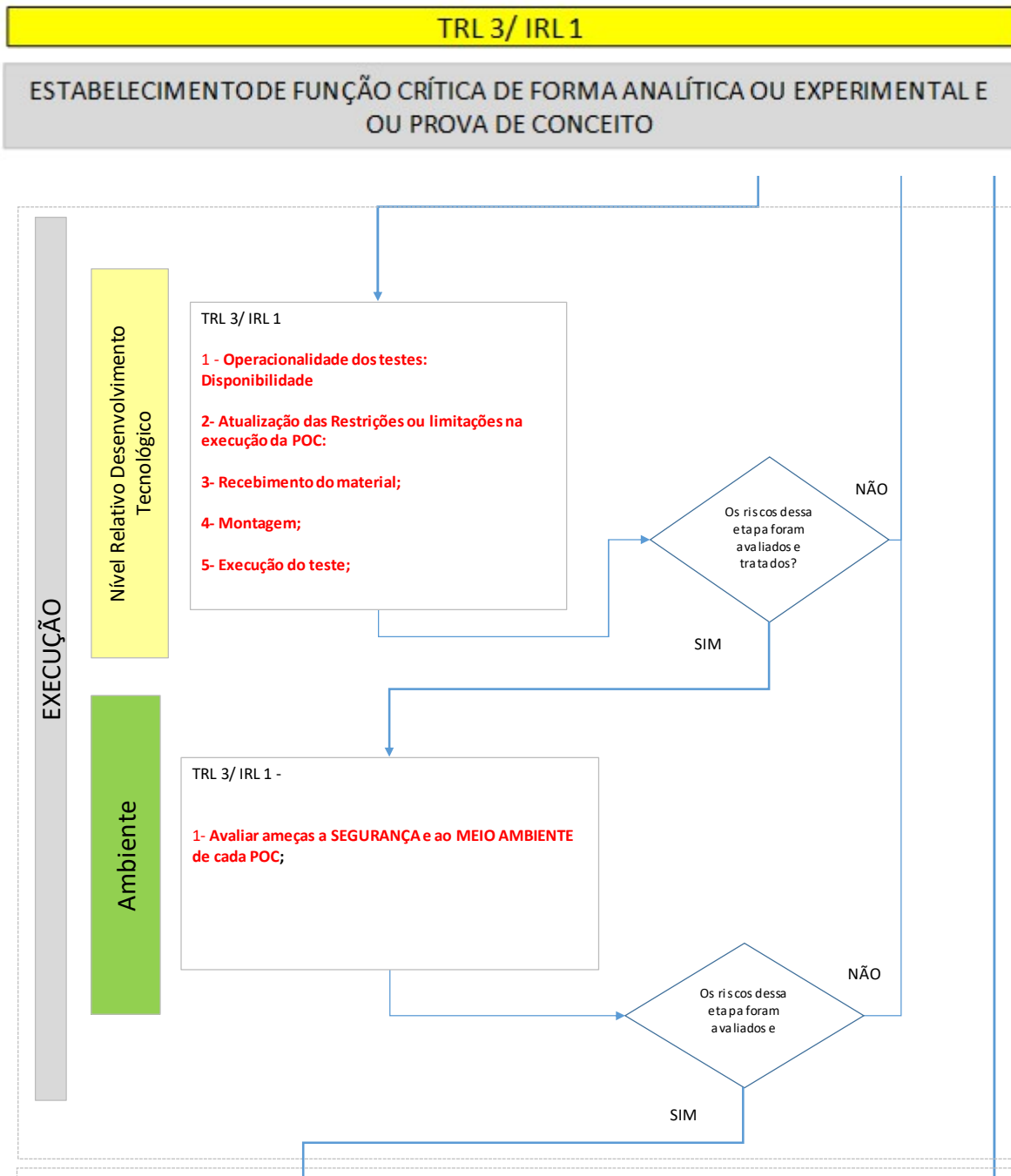
### TRL 3/ IRL 1

#### ESTABELECIMENTO DE FUNÇÃO CRÍTICA DE FORMA ANALÍTICA OU EXPERIMENTAL E OU PROVA DE CONCEITO



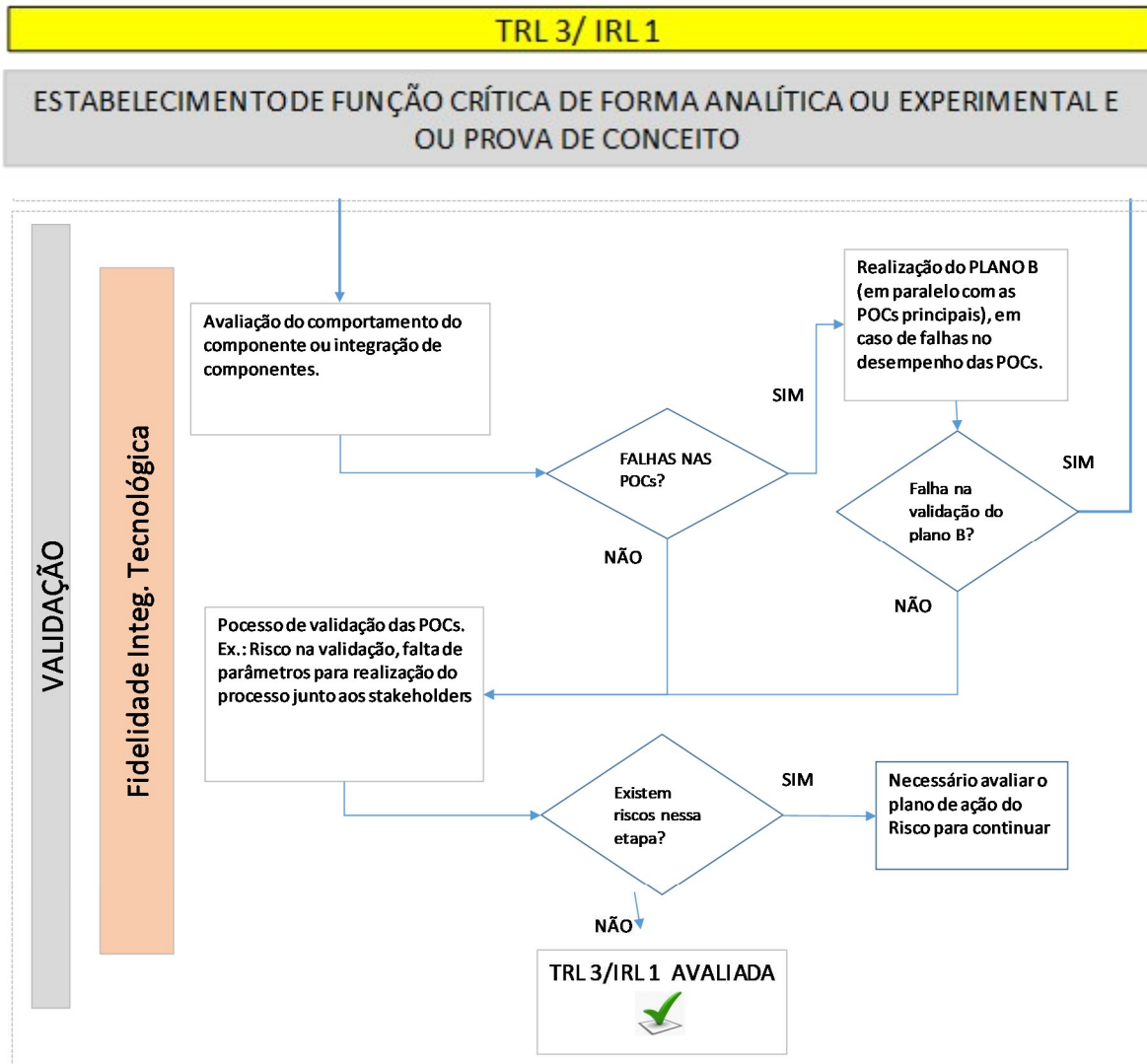
Fonte: Elaborado pela autora (2019)

## APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL - Continuação



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

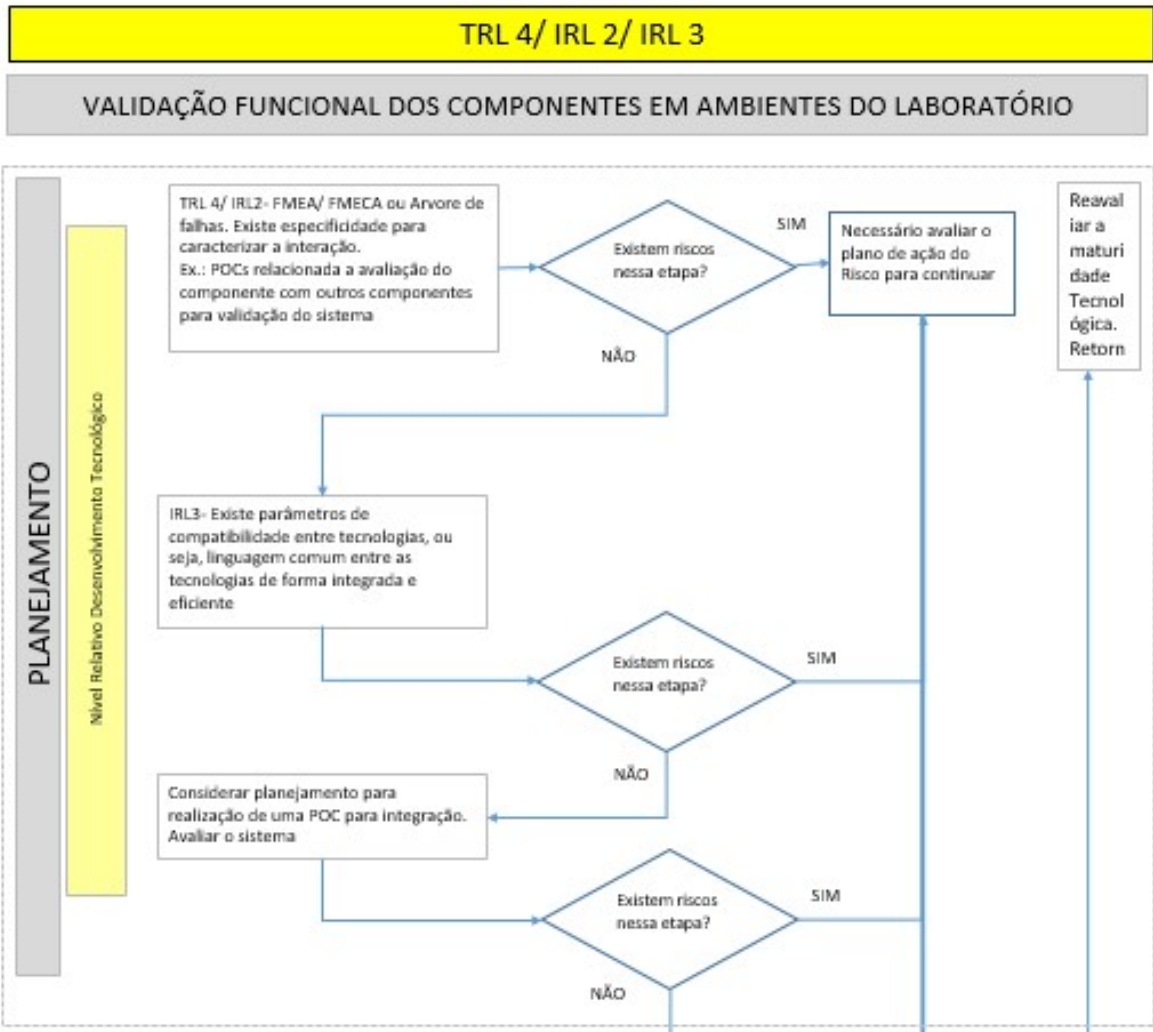
APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL - Continuação



Registrar e divulgar as lições aprendidas da TRL 3/ IRL 1

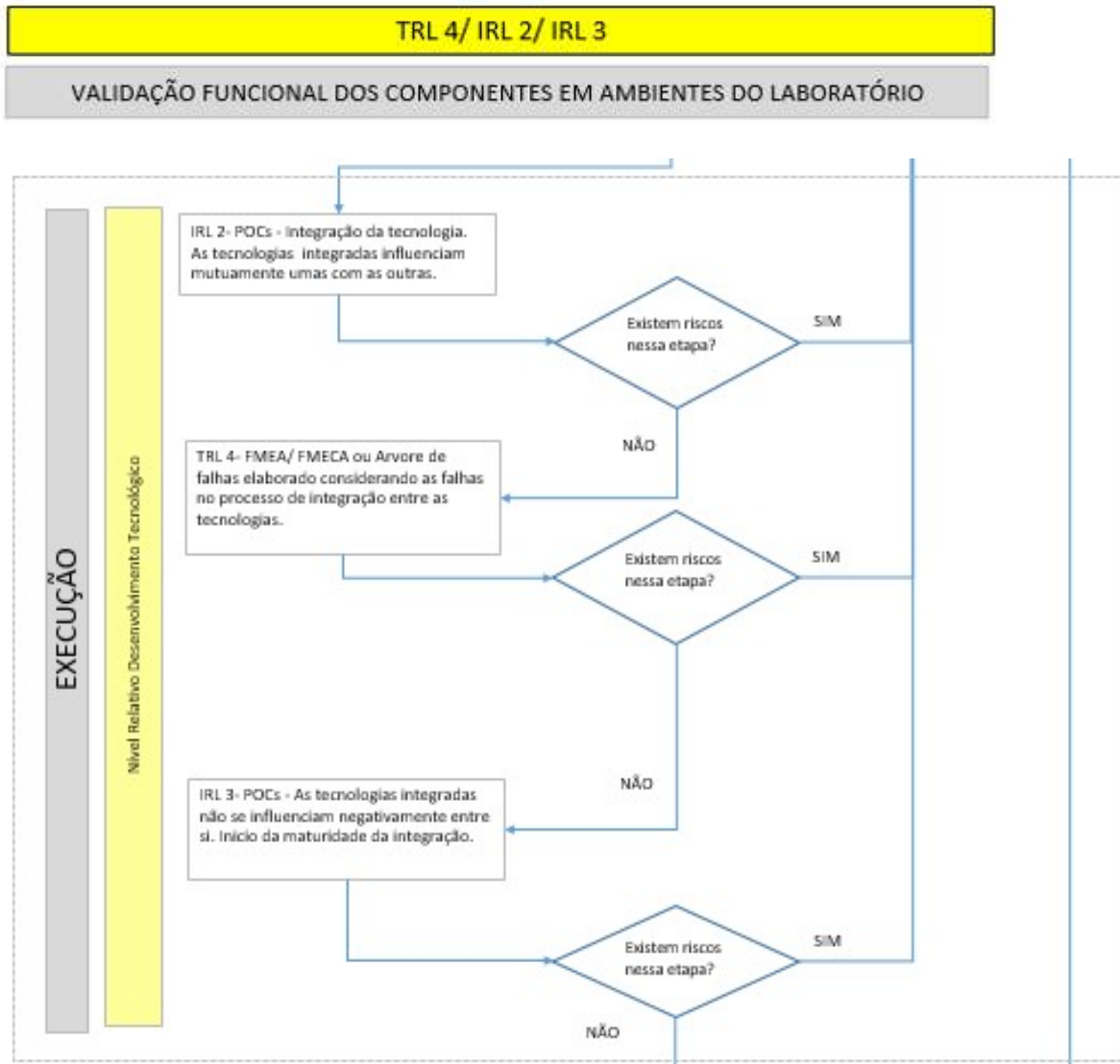
Fonte: Elaborado pela autora (2019)

APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL - Continuação



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

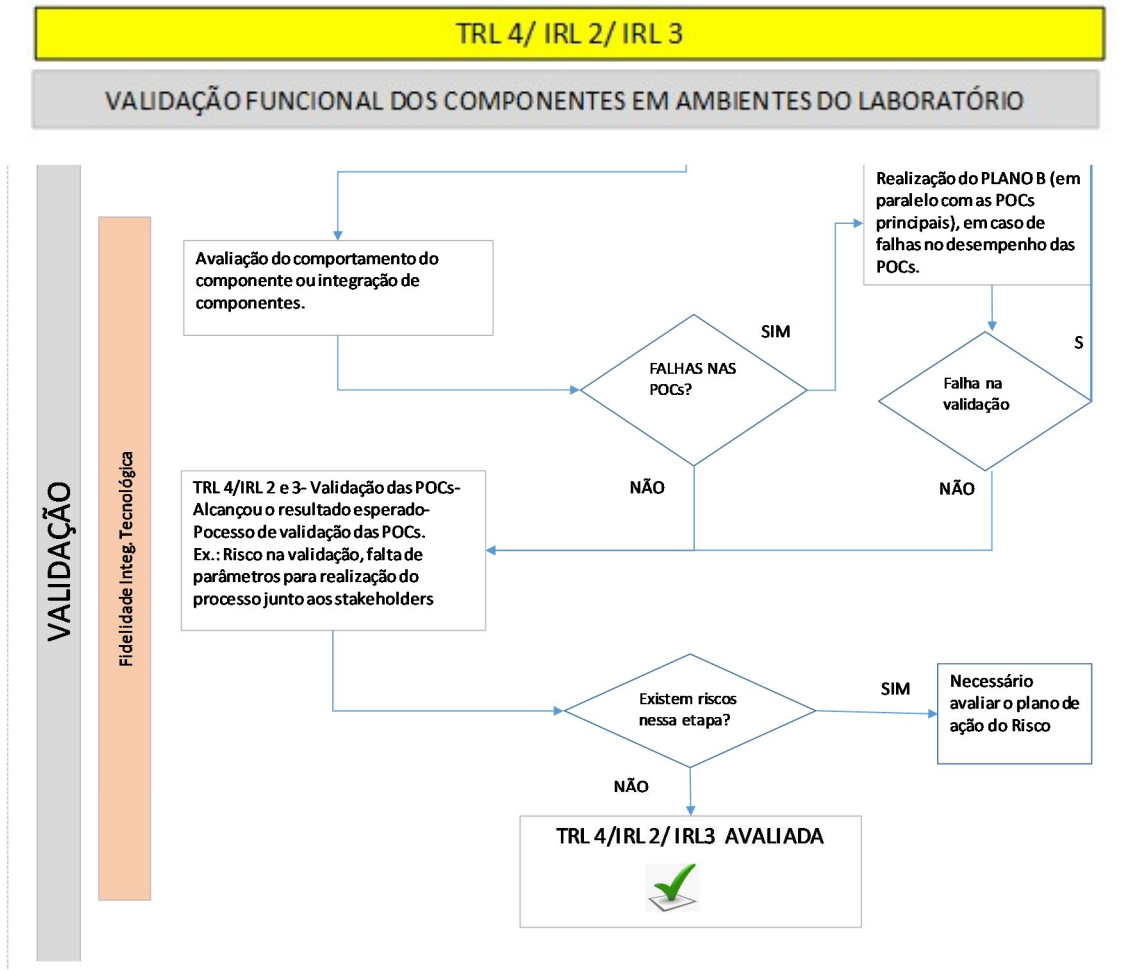
## APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL - Continuação



Fonte: Elaborado pela autora (2019)



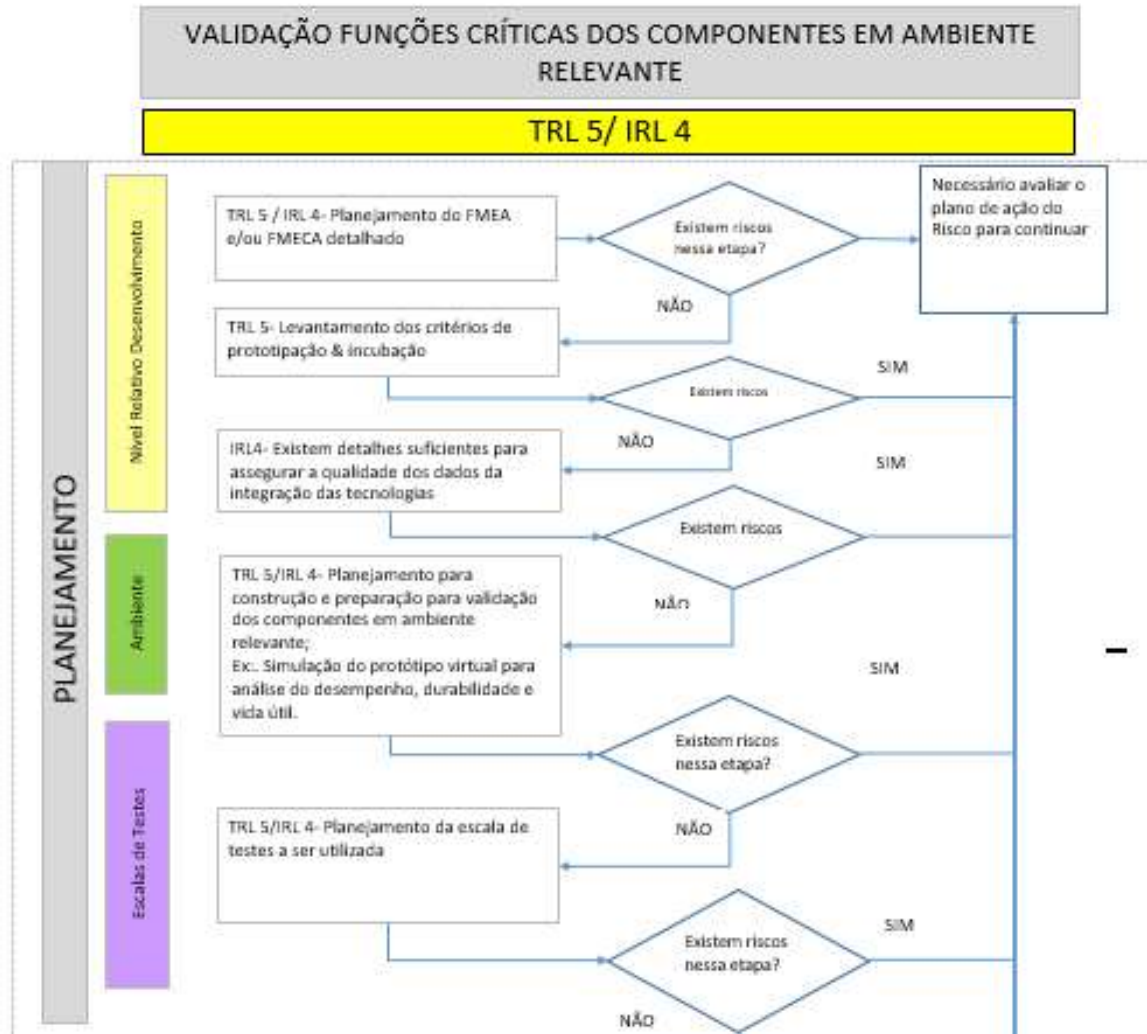
APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL - Continuação



Registrar e divulgar as lições aprendidas da TRL 4/ IRL2/IRL3

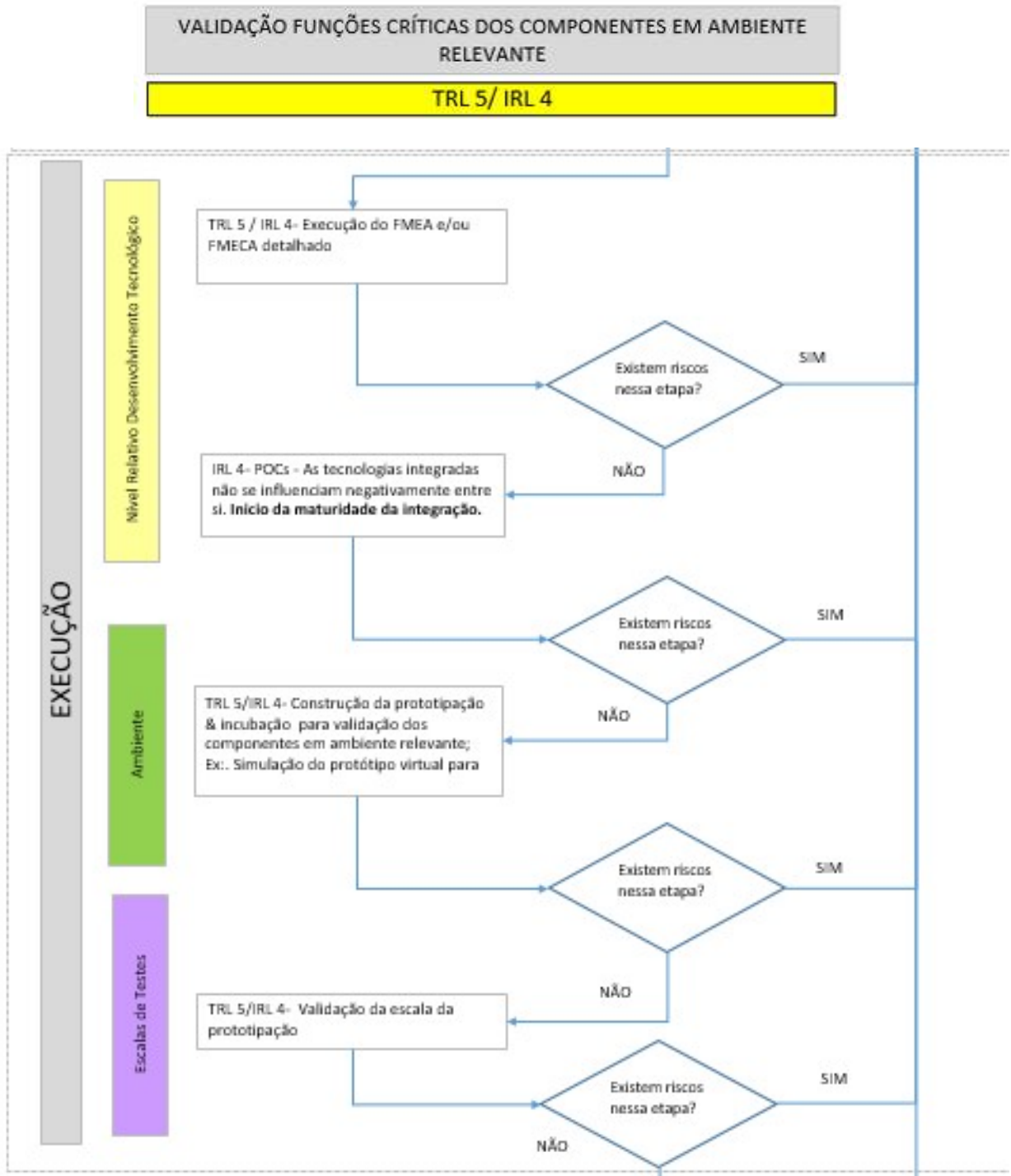
Fonte: Elaborado pela autora (2019)

APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL - Continuação



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL – Continuação



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

## APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL – Continuação



Registrar e divulgar as lições aprendidas da TRL 5/ IRL4

---

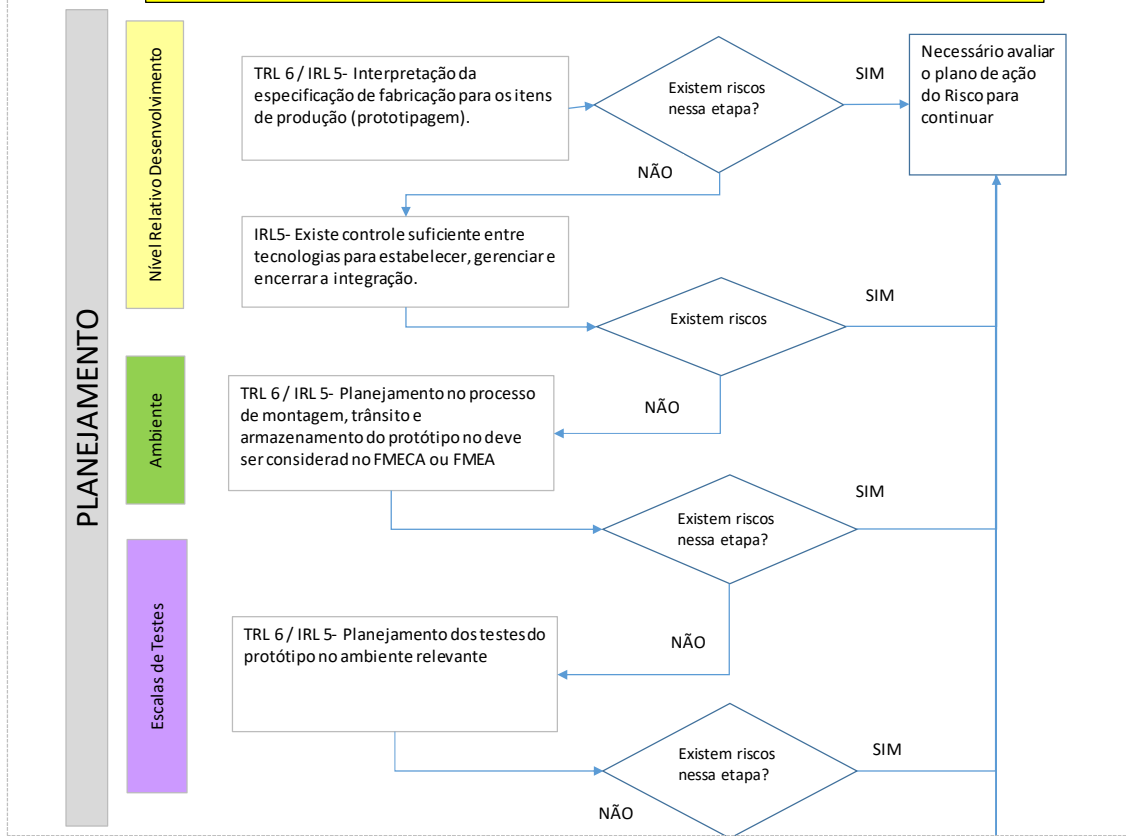
---

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL – Continuação

DEMONSTRAÇÃO DAS FUNÇÕES CRÍTICAS DO PROTÓTIPO EM AMBIENTE RELEVANTE

TRL 6/ IRL 5

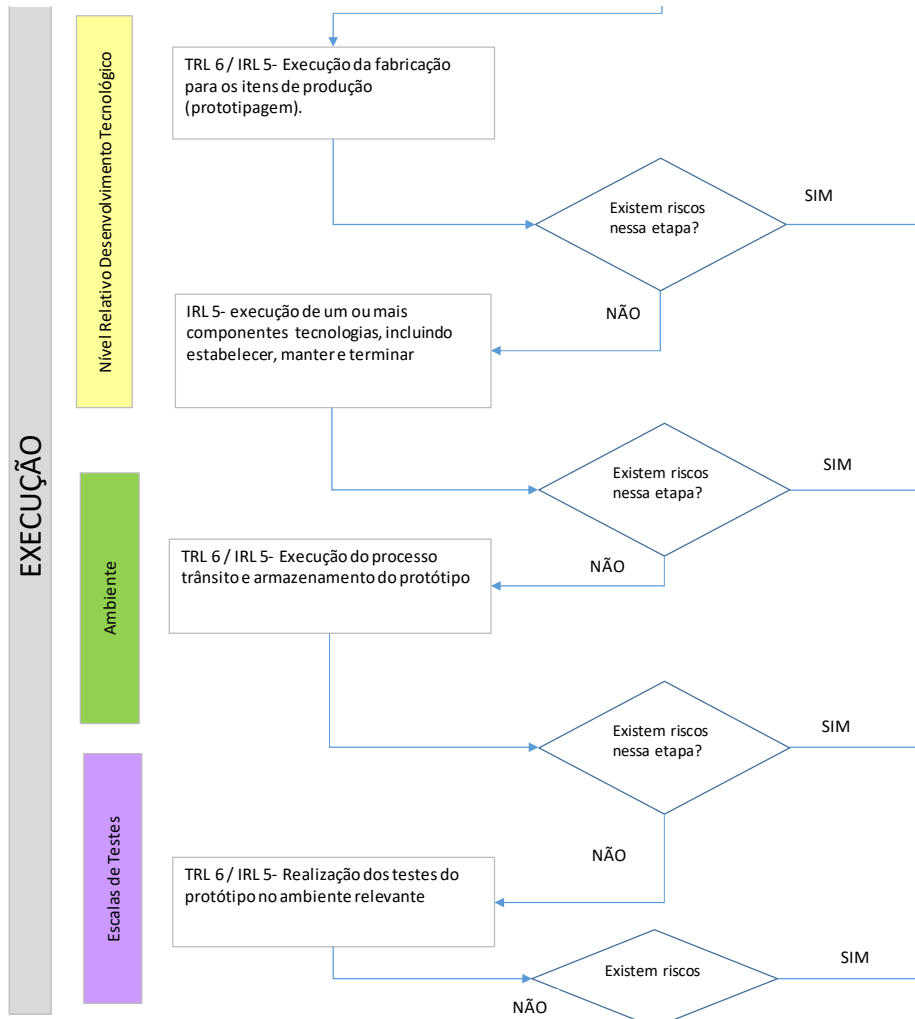


Fonte: Elaborado pela autora (2019)

## APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL – Continuação

### DEMONSTRAÇÃO DAS FUNÇÕES CRÍTICAS DO PROTÓTIPO EM AMBIENTE RELEVANTE

#### TRL 6/ IRL 5

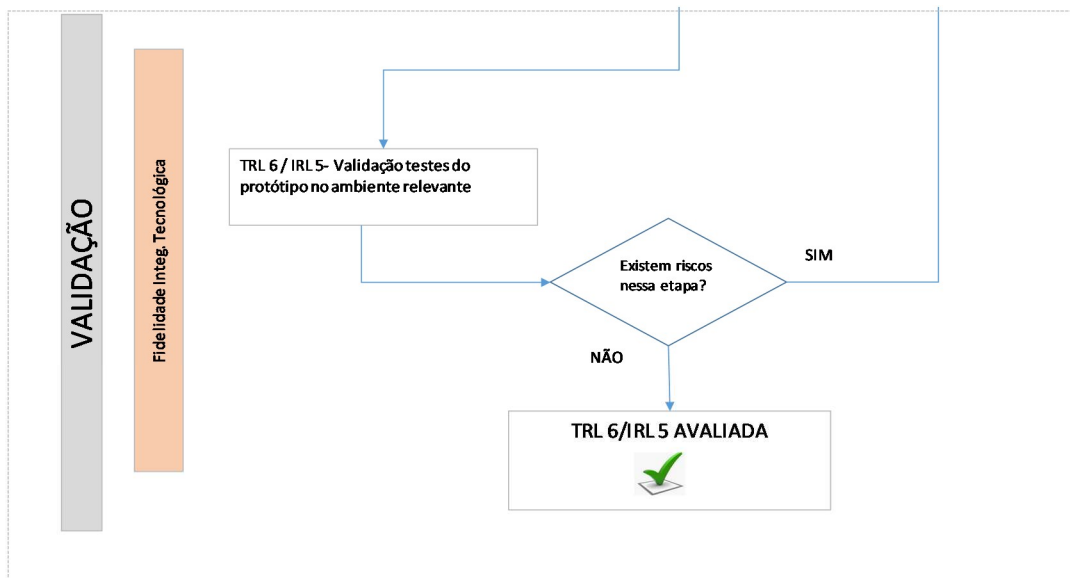


Fonte: Elaborado pela autora (2019)

## APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL – Continuação

DEMONSTRAÇÃO DAS FUNÇÕES CRÍTICAS DO PROTOTIPO EM AMBIENTE RELEVANTE

TRL 6/ IRL 5



Registrar e divulgar as lições aprendidas da TRL 6/ IRL5

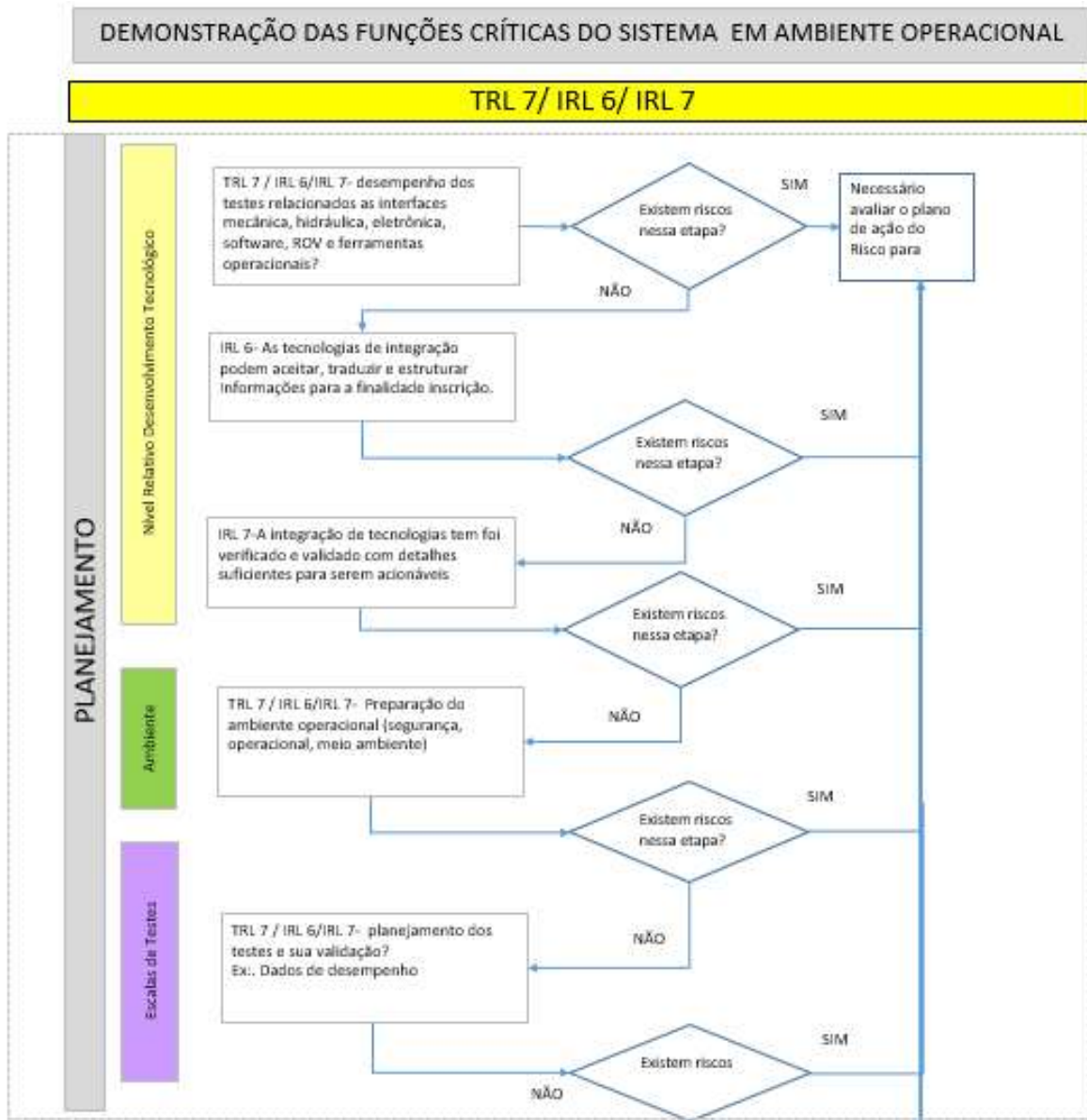
---

---

---

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

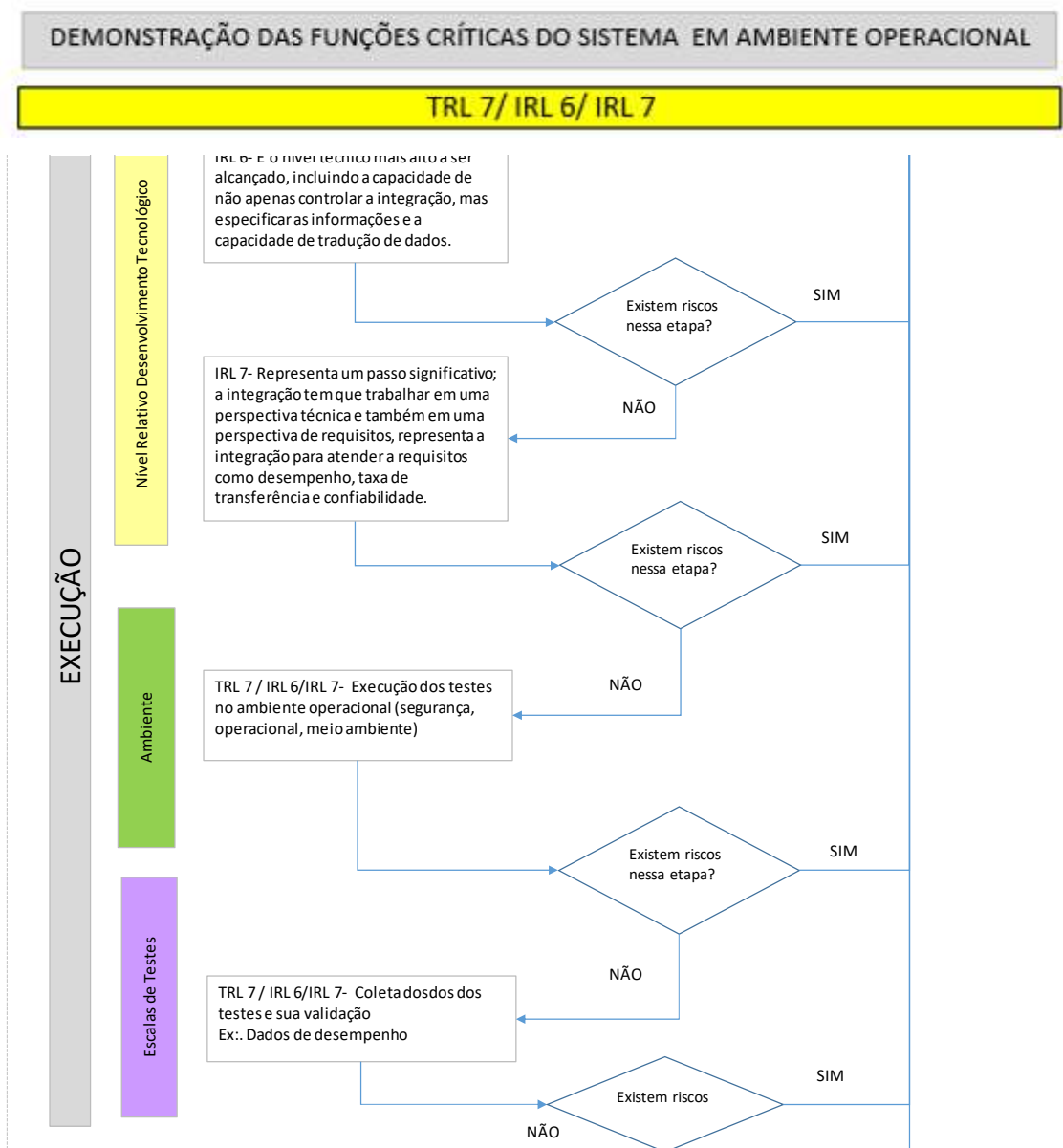
APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL – Continuação



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

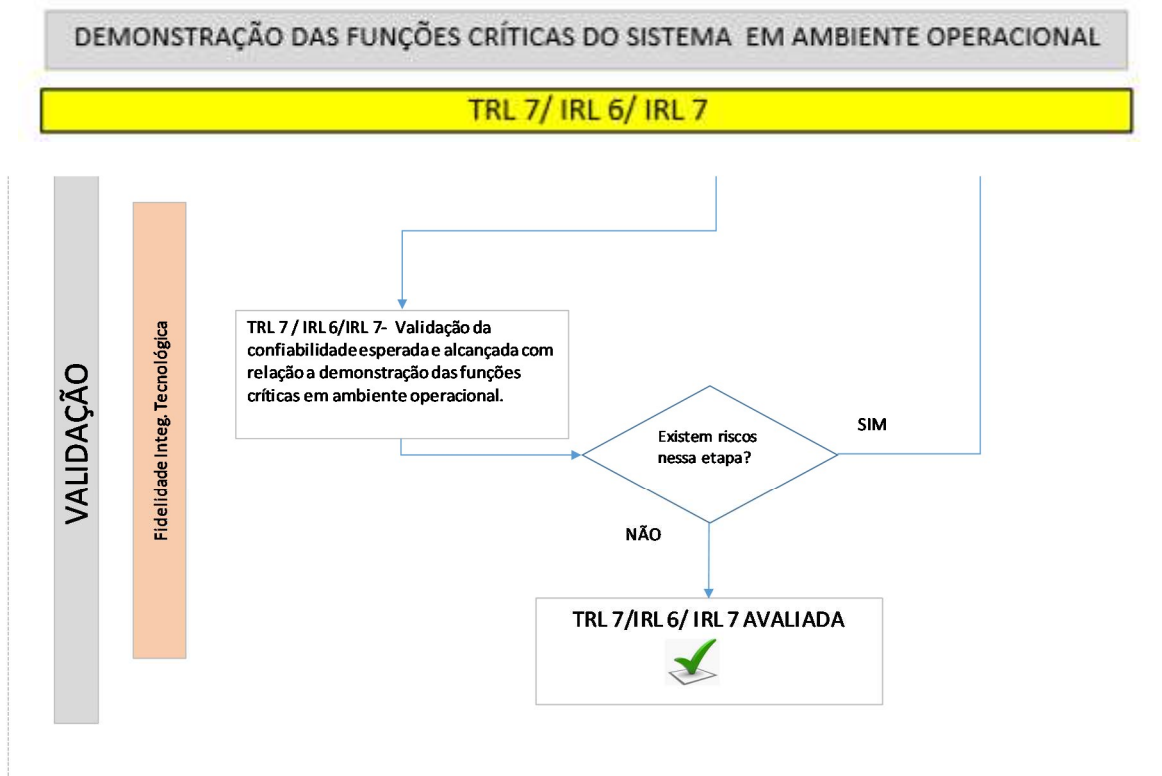


APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL – Continuação



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

## APÊNDICE B - Fluxo TRL e IRL – Continuação



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

## APÊNDICE C – MATRIZES DE RISCOS

Severidade		Severidade/ Impacto				
		Catastrófico	Muito Crítico	Crítico	Moderado	Baixo
RISCOS GERENCIAIS	Inicial	1- Atraso cronograma $\geq$ 2 semanas ; 2- Impacto no aumento de custos $\geq$ 10%; 3- Falta de informações/ não efetividade do plano de comunicações;	1- Atraso cronograma $\geq$ 1 semana ; 2- Impacto no aumento de custos 5 a 10%; Falhas na análise do escopo, classificação no nível de maturidade;	1- Atraso cronograma $\geq$ 5 dias ; 2- Impacto no aumento de custos 3- 5%; 3- Falta de informações/ não efetividade do plano de comunicações;	1- Atraso cronograma $\geq$ 2 dias; 2- Impacto no aumento de custos 0 - 3%; 3- Falta de informações/ não efetividade do plano de comunicações;	1- Atraso cronograma $\geq$ 0 dias ; 2- Impacto no aumento de custos 0 %; 3- Falta de informações/ não efetividade do plano de comunicações;
	Final	4- Impacto na qualificação tecnológica	3- Falta de informações/ não efetividade do plano de comunicações; 4- Impacto na qualificação tecnológica	4- Impacto na qualificação tecnológica	4- Impacto na qualificação tecnológica	4- Impacto na qualificação tecnológica

Severidade		Catastrófico	Muito Crítico	Crítico	Moderado	Baixo
Ocorrência						
Ocorrência	1	10	9	8	7	6
	2	9	8	7	6	5
	3	8	7	6	5	4
	4	7	6	5	4	3
	5	6	5	4	3	2

Criticidade	Muito alto (MA) - Ações imediatas exigidas pelo executivo com planejamento, alocação de recursos e monitoramento regular
	Alto (A) Alto Risco, Necessária atenção da gerência
	Médio (M)- A responsabilidade de gerenciamento deve ser especificada
	Baixo (B)- Monitoramento e gerenciamento por procedimentos de rotina
	Muito Baixo (MB)- Gerenciado por procedimento de rotina

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

## APÊNDICE C – Matrizes de Riscos

Severidade		Severidade/ Impacto				
		Catastrófico	Muito Crítico	Crítico	Moderado	Baixo
<b>RISCOS TÉCNICOS</b>	Inicial	Proposição de Escopo Incorreta Falta informação na apresentação do orçamento	Falta de informações clara sobre o escopo do cliente/problema	Falta de Pré-Definição dos Requisitos	Falta de Pré-Definição das Necessidades dos Clientes	Falta de Pré-Identificação do Ciclo de Vida
	Final	Falha na Análise dos Modos de Falha do Produto; Projeto Preliminar do Sistema incorreto;	Falha na priorização dos requisitos; Selecionar as rotas tecnológicas incorrentamente; Selecionar as rotas tecnológicas incorrentemente; Protótipos e demonstradores incorretos	Protótipos e demonstradores incorretos; Falta de informações nos requisitos; Falta de informações nos requisitos;	Falta de Definição dos Recursos; Falta de informações críticas no Ciclo de Vida e atributos do produto; Falta de convergencias da geração de Conceitos; Detalhar e projetar as Provas de Conceito Incorretamente;	Falta de informações na Análise de Concorrentes, similares e PI; Falta de informações na Função Global e Síntese Funcional; Simulações do modelos dos sistema incorreto/ falta informações; Especificações de testes e requisitos falha nas informações
Severidade		Catastrófico	Muito Crítico	Crítico	Moderado	Baixo
<b>Ocorrência</b>	1	Frequente				
	2	Provável				
	3	Ocasional				
	4	Remota				
	5	Improvável				
<b>Criticidade</b>	<b>Muito alto (MA) - Ações imediatas exigidas pelo executivo com planejamento, alocação de recursos e monitoramento regular</b>					
	<b>Alto (A) Alto Risco, Necessária atenção da gerência</b>					
	<b>Médio (M)- A responsabilidade de gerenciamento deve ser especificada</b>					
	<b>Baixo (B)- Monitoramento e gerenciamento por procedimentos de rotina</b>					
<b>Muito Baixo (MB)- Gerenciado por procedimento de rotina</b>						

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

## APÊNDICE C – Matrizes de Riscos

		AMEACAS				
		Severidade/ Impacto				
Severidade		Catastrófico	Muito Crítico	Crítico	Moderado	Baixo
Fases						
<b>RISCOS MEIO AMBIENTE</b>	Inicial	Contaminação do solo, água e ar; Contaminação por inflamável, combustível, tóxico; Morte de pessoas, ferimentos graves de pessoas	Elevados impactos ao meio ambiente, como poluição, contaminação, reação química com o ambiente externo; Supressão de espécies e vidas protegidas por lei ou raras; Emissões tóxicas, incompatibilidade ambiental;	Elevados impactos ao meio ambiente, como poluição, contaminação, reação química com o ambiente externo; Supressão de espécies e vidas protegidas por lei ou raras; Emissões tóxicas, incompatibilidade ambiental;	Contaminação por material orgânico não perigoso Queda de líquidos nos componentes eletrônicos, escritório de coleta seletiva inexistente;	Coleta seletiva do escritório incorreta - Impacto na qualificação tecnológica
	Final					
Ocorrência		Catastrófico	Muito Crítico	Crítico	Moderado	Baixo
Severidade						
<b>Ocorrência</b>	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

<b>Criticidade</b>	Muito alto (MA) - Ações imediatas exigidas pelo executivo com planejamento, alocação de recursos e monitoramento regular
	Alto (A) Alto Risco, Necessária atenção da gerência
	Médio (M)- A responsabilidade de gerenciamento deve ser especificada
	Baixo (B)- Monitoramento e gerenciamento por procedimentos de rotina
	Muito Baixo (MB)- Gerenciado por procedimento de rotina

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

## APÊNDICE C – Matrizes de Riscos

		AMEAÇAS				
		Severidade / Impacto				
Fases		Catastrófico	Muito Crítico	Crítico	Moderado	Baixo
RISCOS DE SEGURANÇA	Inicial	A morte é um risco imediato. Uma ação é necessária para reduzir o risco. O serviço / atividades não podem prosseguir até que o risco seja controlado e um cenário mais seguro seja estabelecido.	Lesão ou doença permanente, grande perda de tempo, perda significativa da capacidade de funções. O risco deve ser imediatamente reduzido. - Hospitalização	Lesão / doença pode ocorrer, perda de tempo, despesas médicas e restrição física.	Apenas primeiros socorros - sem tempo perdido; 1- Relatório de Incidente. Discussão de evitação.	Sem lesões - Relatório de Incidentes
	Final					
Ocorrência		Catastrófico	Muito Crítico	Crítico	Moderado	Baixo
Ocorrência	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
Criticidade	Muito alto (MA) - Ações imediatas exigidas pelo executivo com planejamento, alocação de recursos e monitoramento regular					
	Alto (A) Alto Risco, Necessária atenção da gerência					
	Médio (M)- A responsabilidade de gerenciamento deve ser especificada					
	Baixo (B)- Monitoramento e gerenciamento por procedimentos de rotina					
	Muito Baixo (MB)- Gerenciado por procedimento de rotina					

Fonte: Elaborado pela autora (2019)



## APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO 2. ELABORADO PELA AUTORA (2020)

### Avaliação da Ferramenta de Gestão de Riscos em Projetos de Desenvolvimento de Inovação Tecnológica no Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT)

Esse formulário tem por objetivo avaliar a ferramenta proposta de Gestão de Riscos nos Projetos de Desenvolvimento de Inovação Tecnológica e Novos Produtos nessa ICT, tal como sua relação com as normas pertinentes, para validação da sua efetividade.

As diretrizes das questões foram norteadas pelas normas e boas práticas:

- TRL/IRL- Métricas de Avaliação da Maturidade Tecnológica - Desenvolvida pela NASA, utilizada como padrão nos projetos EMBRAPPII (TRL), ANP, ICTs e demais organizações internacionalmente;
- PMBOK 6ª Edição - Guia de Boas Práticas em Gestão de Projetos;
- ISO 31000 - Norma Internacional de Gestão de Riscos;
- ISO14001- Norma Internacional Gestão Ambiental (Diretrizes de Segurança);
- ISO 9001- Norma Internacional de Qualidade (Diretrizes para Desenvolvimento de Produtos Industriais);
- DNVGL- Recommended Practice- Qualificação da Tecnologia;
- API RP - Recommended Practice- Qualificação de equipamentos Subsea.

Para as questões abaixo, favor responder as perguntas avaliando o atendimento da ferramenta de Gestão de Riscos proposta nas reuniões.

#### ----PROCESSO DE IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS----

1- Projetos de alta variabilidade e complexidade, incorrem em mais incertezas e riscos, por isso, é necessária a identificação frequente das ameaças. Recomenda-se reuniões com frequência estabelecida para esse processo. Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

- Não atende
- Atende Parcialmente
- Atende Totalmente
- Não consigo opinar



2- Por tratar-se de projetos de desenvolvimento de inovação tecnológica em uma ICT, a função e o desempenho dos componentes do produto ou tecnologia em desenvolvimento devem ser considerados em uma escala de qualificação (Por exemplo, identificação de riscos na etapa de planejamento dos testes para validação dos conceitos). Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

Não atende

Atende Parcialmente

Atende Totalmente

Não consigo opinar

3- O processo de identificação dos riscos possibilita maior qualidade nas entregas dos projetos devido conhecimento das ameaças existentes em cada etapa do desenvolvimento do produto. Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

Não atende

Atende Parcialmente

Atende Totalmente

Não consigo opinar

4- É considerada a qualidade da integração entre os componentes do produto, avaliando os requisitos regulamentares, função e desempenho. Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

Não atende

Atende Parcialmente

Atende Totalmente

Não consigo opinar

5- Existe um processo ou fluxo que considere as etapas da avaliação da maturidade tecnológica de acordo com a fase, e quais são os possíveis riscos envolvidos. Em sua

opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

- Não atende
- Atende Parcialmente
- Atende Totalmente
- Não consigo opinar

6- Os desafios e entregas de cada etapa do desenvolvimento da tecnologia ou novo produto são verificados. Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

- Não atende
- Atende Parcialmente
- Atende Totalmente
- Não consigo opinar

7- Existe abordagem sobre as condições internas e externas do projeto considerando os requisitos de segurança dos testes e validações das etapas de desenvolvimento do produto. Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

- Não atende
- Atende Parcialmente
- Atende Totalmente
- Não consigo opinar

8- A ferramenta utilizada na gestão de riscos deve priorizar os riscos mais críticos de forma simples e dinâmica. Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

- Não atende
- Atende Parcialmente
- Atende Totalmente

Não consigo opinar

9- Considera-se primordial a qualidade das informações na identificação dos riscos para melhor priorização e tratamento, devido impacto aos objetivos do projeto. Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

Não atende

Atende Parcialmente

Atende Totalmente

Não consigo opinar

----ETAPA DE CLASSIFICAÇÃO DO RISCO----

10- Considera-se a classificação do risco com mais de um impacto sendo relevante na sua criticidade. Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

Não atende

Atende Parcialmente

Atende Totalmente

Não consigo opinar

11- Fatores relacionados ao ambiente externo do projeto, são considerados no processo de classificação do risco. Ex: Impacto ao meio ambiente e segurança. Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

Não atende

Atende Parcialmente

Atende Totalmente

Não consigo opinar

12- Existem parâmetros para classificação do risco.

Ex: Criticidade = Probabilidade X Severidade do risco. Em sua opinião, qual é o nível

de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

- Não atende
- Atende Parcialmente
- Atende Totalmente
- Não consigo opinar

13- Análise qualitativa, quantitativa ou quali-quantitativa é usada com objetivo de compreender os fatores de risco e se antecipar aos mesmos de acordo com a fase do projeto. Ex. matriz de riscos. Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

- Não atende
- Atende Parcialmente
- Atende Totalmente
- Não consigo opinar

#### ----ETAPA DE RESOLUÇÃO DO RISCO----

14- São usados critérios para priorização do risco nas reuniões. Ex: 1 - Verifica-se o prazo do plano de ação;2- Verifica-se a criticidade do risco. Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

- Não atende
- Atende Parcialmente
- Atende Totalmente
- Não consigo opinar

15- Indica-se o tratamento do risco através do plano de ação com responsável e prazo. O Gerente de Projetos ou responsável pelo projeto, avalia o andamento no plano de ação das reuniões para avaliar sua efetividade. Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

- Não atende
- Atende Parcialmente
- Atende Totalmente
- Não consigo opinar

16- Espera-se melhoria na tratativa das ameaças identificadas com relação a alocação de recursos e decisões referente ao risco. Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

- Não atende
- Atende Parcialmente
- Atende Totalmente
- Não consigo opinar

17- O impacto nas entregas é levado em consideração, inclusive a avaliação na maturidade tecnológica do produto. Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

- Não atende
- Atende Parcialmente
- Atende Totalmente
- Não consigo opinar

18- Fatores que impactam na qualidade e entrega dos objetivos do projeto, como custo, qualidade, cronograma e requisitos do cliente, são avaliados de acordo com o risco. Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

- Não atende
- Atende Parcialmente
- Atende Totalmente
- Não consigo opinar

19- As entregas dos projetos de inovação tecnológica têm sua importância identificada no tratamento dos riscos. Ex.: Impacto na maturidade da tecnologia, impacto no custo, cronograma e atendimento aos requisitos. Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

- Não atende
- Atende Parcialmente
- Atende Totalmente
- Não consigo opinar

----MONITORAMENTO DOS RISCOS----

20- O monitoramento do risco acontece com objetivo de avaliar a efetividade do plano de ação e redução do nível de criticidade. Em sua opinião, qual é o nível de atendimento do processo de Gestão de Riscos desenvolvido com relação a esse quesito?

- Não atende
- Atende Parcialmente
- Atende Totalmente
- Não consigo opinar

Opinião para melhoria das Reuniões de Gestão de Riscos

21- Você tem sugestões para melhoria da ferramenta de Gestão de Riscos? (Ter como foco a aplicação em projetos de inovação tecnológica nesse Instituto de Pesquisa, Ciência e Tecnologia)

## **PRODUÇÃO TÉCNICA CIENTÍFICA**

- **Artigo publicado no V Simpósio Internacional de Inovação e Tecnologia 2019 – SIINTEC– SENAI CIMATEC:**
  - **SOUZA, S. M. O.A.; BEAL, V. E. Avaliação do gerenciamento de riscos para desenvolvimento de novos produtos e tecnologia, 2019.**
  - **SOUZA, S. M. O. A.; Lima, G.; CARNEIRO, L. B., ; SOUZA, G.O. Revisão de Literatura sobre a Otimização do Processo de Usinagem, 2019.**
  
- **Apresentação no IV Seminário de Avaliação de Pesquisa Científica e Tecnológica (SAPCT) e III Workshop de Integração e Capacitação em Processamento de Alto Desempenho (ICPAD) – SENAI CIMATEC:**
  - **SOUZA, S. M. O.A.; BEAL, V. E. Análise Das Metodologias De Gerenciamento De Desenvolvimento De Projetos E Sua Relação Com Projetos De Tecnologias E Inovação. 2019.**
  
- **Participação no artigo do OTC Brasil 2019:**
  - **BEAL, V. E.; COLOMBO, D.; CLARO, R. T.; ARAUJO, S. M. O. Challenges for the Development of New Bop Generation, 2019.**