



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E  
TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA A INOVAÇÃO

WILLIAN RAMIRES PIRES BEZERRA

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO DE SUPORTE A TOMADA DE DECISÃO  
NA GESTÃO DA INOVAÇÃO RESULTANTE DA COMBINAÇÃO DOS MÉTODOS  
*TECHNOLOGY READINESS LEVEL (TRL)* E *DEMAND READINESS LEVEL (DRL)*:  
O Estudo de Caso Chesf**

Recife

2021

WILLIAN RAMIRES PIRES BEZERRA

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO DE SUPORTE A TOMADA DE DECISÃO  
NA GESTÃO DA INOVAÇÃO RESULTANTE DA COMBINAÇÃO DOS MÉTODOS  
*TECHNOLOGY READINESS LEVEL (TRL)* E *DEMAND READINESS LEVEL (DRL)*:  
O Estudo de Caso Chesf**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação - PROFNIT da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação.

**Área de concentração:** Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação

**Orientador:** Dr. Nelson da Cruz Monteiro Fernandes

Recife

2021

Catálogo na Fonte  
Bibliotecária Ângela de Fátima Correia Simões, CRB4-773

B574d Bezerra, Willian Ramires Pires  
Desenvolvimento de aplicativo de suporte a tomada de decisão na gestão da inovação resultante da combinação dos métodos *Technology Readiness Level (TRL)* e *Demand Readiness Level (DRL)*: o estudo de caso Chesf / Willian Ramires Pires Bezerra. – 2021.  
231 folhas: il. 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Nelson da Cruz Monteiro Fernandes.  
Dissertação (Mestrado em Propriedade Intelectual) – Universidade Federal de Pernambuco, CCSA, 2021.  
Inclui referências e apêndices.

1. Inovações tecnológicas. 2. Inovação 3. Projetos - Análise.  
I. Fernandes, Nelson da Cruz Monteiro (Orientador). II. Título.

608 CDD (22. ed.) UFPE (CSA 2021 – 033)

WILLIAN RAMIRES PIRES BEZERRA

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO DE SUPORTE A TOMADA DE DECISÃO  
NA GESTÃO DA INOVAÇÃO RESULTANTE DA COMBINAÇÃO DOS MÉTODOS  
*TECHNOLOGY READINESS LEVEL (TRL) E DEMAND READINESS LEVEL (DRL):*  
O Estudo de Caso Chesf**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação - PROFNIT da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação.

Aprovada em: 25/03/2021.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profº. Dr. Nelson da Cruz Monteiro Fernandes (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

---

Profº. Dr. André Marques Cavalcanti (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

---

Profº. Dr. José Bione De Melo Filho (Examinador Externo)

Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf)

Dedico esse trabalho a Deus, a Nossa Senhora de Nazaré e ao meu anjo da guarda por conduzir-me aos melhores caminhos e desafios, sempre com toda a proteção divina.

A minha esposa Valdilene Bezerra Marques e aos meus filhos Will Gabriel Ramires Bezerra e Willton Rafael Ramires Bezerra pela compreensão, apoio e a carinhosa presença em minha vida.

Aos meus pais Tomelina Ramires Bezerra e Manoel Pires Bezerra por toda dedicação e ensinamento que puderam me proporcionar e que hoje esteiam meu futuro e da minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus e seu filho Jesus Cristo pelo dom da vida, pela saúde, discernimento e força para enfrentar os desafios e por todas as graças e realizações a mim proporcionadas. A Nossa Senhora de Nazaré, minha mãezinha, pela proteção. Bendita seja para todo sempre e que Seu nome e de Jesus Cristo sejam louvados e glorificados por todas as minhas gerações.

Agradeço de forma especial todo apoio, amor, carinho e paciência que minha esposa Valdilene Bezerra Marques teve para comigo nesta jornada de três anos de dedicação a este trabalho. Agradeço a paciência que meus filhos Will Gabriel Ramires Bezerra e Willton Rafael Ramires Bezerra tiveram nos momentos que não pude estar presente, peço a Deus que sempre derrame dádivas aos meus fiéis escudeiros.

Não deixaria de registrar um agradecimento especial ao meu filho Willton Rafael Ramires Bezerra, meu ajudante oficial e profissional, pela opinião e sugestões na interface do aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico V.01, produto principal deste mestrado.

Ao meu orientador Dr. Nelson da Cruz Monteiro Fernandes pela dedicação a árdua tarefa de orientar e conduzir meus esforços para que os objetivos traçados no projeto de pesquisa fossem todos alcançados. E a sua linda família por ter tido paciência em ceder horas da dedicação e de convívio deste grande pai para que tudo isso fosse possível.

Aos professores Dr. Jose Bione de Melo Filho e Dr. André Marques Cavalcanti que aceitaram avaliar este trabalho e compuseram a banca de defesa. Agradeço pelas orientações e sugestões, todas foram de grande relevância e lapidaram o documento que traz a essência do trabalho desenvolvido.

A toda equipe de Gestores de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da Chesf (GGP&D+I) nas pessoas de José Bione de Melo Filho, Alcides Codeceira Neto, Cassia de Lourdes Araujo Silva, Elisabete Joana Paes Barreto, Frederico Estelita Lins e Selma Holanda Cavalcanti que dedicaram parte do tempo de trabalho no apoio ao desenvolvimento dos objetivos deste trabalho e também no apoio as atividades corriqueiras desta nobre função de gestão da inovação de uma grande empresa.

A equipe do Centro Latino Americano para Inovação, Excelência e Qualidade (CLAEQ) e da Taquion Inovação nas pessoas de Francisco Eduardo Mendes Batista de Freitas, Luiz Eduardo dos Santos Tavares, Felipe Araripe Gomes da Silva, Gisele Aparecida Chaves Antenor, Hélio Augusto Saboia Moura e sua equipe de desenvolvimento e a José Pedro Varela da Silva pelo apoio e participação no desenvolvimento deste trabalho. Agradeço a todos da equipe CLAEQ e Taquion Inovação que diretamente e indiretamente apoiaram e participaram deste trabalho.

Não poderia deixar de registrar a gratidão pela disponibilidade dos autores, pesquisadores/desenvolvedores das instituições de pesquisa que listo a seguir que, mesmo com os desafios sui generis vivenciados nos últimos dois anos, se colocaram à disposição a participar do processo de validação do aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico V.01, atividade de extrema importância neste trabalho: UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, UPE – Universidade de Pernambuco, UFCG – Universidade Federal de Campina Grande, UFPA – Universidade Federal do Pará, ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, CPQD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações, PTI – Parque Tecnológico de Itaipu, ITEM – Instituto de Tecnologia Edson Mororó Moura, SENAI CIMATEC - BA, SENAI ISI ER – RN e SENAI ISI TIC – PE.

Registro um caloroso agradecimento a todos meus colegas de turma e a todos os professores e profissionais do programa nacional de mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação (PROFNIT) do Centro de Ciências Sociais Aplicadas (CCSA) da nossa UFPE. Compartilhamos momentos de alegrias, de desafios e aprendizado mútuo nestes três anos dedicados a essa nobre oportunidade de concluir mais um nível de formação de nível superior em uma instituição pública de excelência em ensino, pesquisa e desenvolvimento, momentos que nunca sairão da nossa memória. Peço a Deus que sempre nos dê força e saúde para continuar nossos estudos e aos nossos professores para continuarem nesta nobre e importante profissão.

A todos que participaram direta ou indiretamente deste trabalho toda a minha gratidão!

Durante as árduas horas de trabalho e desenvolvimento nos foi apresentado o célebre pensamento:

Não sabendo que era impossível, foi lá e fez. (Jean Maurice Eugène Cocteau)

Esta frase norteia todo o trabalho que foi desenvolvido ao longo de cinco anos à frente da gestão da inovação da Chesf e que também norteou a obtenção dos resultados que serão apresentados nesta dissertação.

## RESUMO

No setor elétrico a obrigação de investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D+I) foi oficializada pela Lei nº 9.991/2000 que proporciona o desenvolvimento do setor, conhecimento de vanguarda e formação profissional. Contudo conforme agência reguladora ANEEL, o programa precisa evoluir em ferramentas de gestão da inovação e a aderência ao novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação (Lei nº 13.243/2016) de modo a maximizar a tradução deste investimento em produtos tecnológicos maduros para o processo de transferência de tecnologia. Neste estudo é proposto aplicativo resultante da combinação dos métodos *Technology Readiness Levels* (TRL) e *Demand Readiness Levels* (DRL) que avalia o nível de maturidade e o nível de risco de sucesso do processo de transferência de tecnologia dando suporte a tomada de decisão nos estágios de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I de uma empresa do setor elétrico brasileiro. Para elucidar a problemática, realizou-se pesquisa exploratória com abordagem qualitativa utilizando o estado da arte aplicado de forma original ao estudo de caso específico, o processo de gestão da inovação da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf). Foi realizada pesquisa de campo para coleta de dados primários e secundários dos estágios de ideação e de seleção de propostas de projetos de P&D+I, de duas (02) demandas/ideias, duas (02) propostas de projetos de P&D+I e de onze (11) produtos tecnológicos desenvolvidos pela Chesf, formando os objetos desta pesquisa. Os dados foram estratificados e interpretados através de método de análise de conteúdo, constituindo o alicerce de informações e dados teóricos/prático para alcance dos objetivos propostos. Como resultados, a partir dos dados e informações foi aplicado o método IDEF0 (*Integration Definition For Function Modelling* - ISO/IEC/IEEE 31320:2012-1) para adaptação dos conceitos, modelagem dos algoritmos e implementação do aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01 o qual foi validado com base na triangulação de três (03) fontes de dados que reportaram os níveis de maturidade TRL e DRL dos objetos de pesquisa. Os níveis de maturidade reportados foram cancelados pelos autores e pesquisadores/desenvolvedores, os quais indicaram que os resultados possuem aderência e fidelidade à realidade técnica, administrativa e de negócios de cada um dos objetos de pesquisa, validando a implementação. O aplicativo evidenciou que 73% dos onze (11) produtos tecnológicos estão no “vale da morte”, TRL 4, 5 e 6, indicando a continuidade dos investimentos envolvendo parceiros de mercado e fundos de capital de risco. Registrou ainda os gargalos tecnológicos, administrativos e de negócios para cada um dos objetos de pesquisa que irão fundamentar a estratégia dos futuros investimentos. Como proposta de avanço teórico, foram elaborados tabelas e gráficos, correlacionando os níveis DRL e TRL com os conceitos das fases de inovação do programa de P&D+I ANEEL, do “vale da morte”, da variação de custos e dos riscos/incertezas. Ainda, com a convergência dos métodos TRL e DRL foram construídos seis (6) matrizes que reportam o tipo de parceria empregada no desenvolvimento das propostas de projetos de P&D+I e o nível de risco de sucesso de um processo de transferência de tecnologia.

Palavras-chave: Gestão da Inovação. Seleção de Projetos de P&D+I. Seleção de Demandas/Ideias. Nível de Maturidade Tecnológica. Nível de Maturidade de Demanda.

## ABSTRACT

In the electric sector, it has been compulsory to invest in research, development, and innovation (R&D+I) according to the Law n°. 9,991/2000, which leads to provide the development of the electric sector, cutting edge knowledge and professional training. However, according to ANEEL, the program needs to improve the use of innovation management tools and to consider the new Legal Framework for Science, Technology and Innovation (Law n° 13.243/2016) in order to maximize the translation of this investment in already known technological products for the technology transfer process. This study aims to propose an application resulting from the combination of the Technology Readiness Levels (TRL) and Demand Readiness Levels (DRL) methods that assess the level of maturity and the level of risk of success of the technology transfer process, supporting decision making in the stages selection of demands/ideas, as well as proposals for R&D+I Projects of a utility in the Brazilian electric sector. In order to understand the problem, exploratory research with a qualitative approach was carried out using the state of the art applied in an original way to the specific case study, the innovation management process of Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf). An applied research was carried out to collect primary and secondary data from ideas and selection stages of R&D+I Project proposals, of about two (02) demands/ideas, two (02) R&D+I Project proposals and eleven (11) technological products developed by Chesf, adding up the objects of this research. The data were stratified and interpreted using a method of content analysis, providing the foundation for theoretical and practical information and data to achieve the proposed objectives. Resulting from data and information, the method IDEF0 (Integration Definition For Function Modeling - ISO/IEC/IEEE 31320:2012-1) was applied to adapt the concepts, build the algorithms and implement the application DRLxTRL SECTOR ELECTRIC V.01, which was validated based on the triangulation of three (03) data sources that reported the TRL and DRL maturity levels of the research objects. The levels of maturity reported were approved by the authors and researchers/developers, who indicated that the results have satisfied the technical, administrative, and business reality of each of the research objects, validating the implementation. The application showed that 73% of the eleven (11) technological products are in the "valley of death", TRL 4, 5 and 6, indicating the continuity of investments involving market partners and venture capital funds. It also registered the technological, administrative, and business bottlenecks for each of the research objects that will underpin the strategy of future investments. As a proposal for theoretical advances, tables and graphs have been presented, correlating the DRL and TRL levels with the concepts of the innovation phases of the R&D+I ANEEL program, the "death valley", costs variation and risks / uncertainties. Still, with the convergence of the TRL and DRL methods, six (6) matrices were built, which reported the type of partnership applied in the development of the R&D+I project proposals and the risk of success level of a technology transfer process.

**Keywords:** Innovation management. R&D Projects Selection. Selection of Demands/Ideas. Technology Readiness Levels. Demand Readiness Levels.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Escala com Níveis de Maturidade Tecnológica – TRLs.....	49
Figura 2 O Vale da Morte da Inovação. ....	50
Figura 3 Proposta de processamento de informações para transferência de tecnologia PRI – SME.....	71
Figura 4 Estrutura Analítica do Projeto (EAP).....	83
Figura 5 Modelagem IDEF0 – Primeiro Nível Hierárquico.....	98
Figura 6 Modelagem IDEF0 – Segundo Nível Hierárquico.....	99
Figura 7 Modelagem IDEF0 – Processo A1.....	111
Figura 8 Modelagem IDEF0 – Terceiro nível hierárquico - Processo A1.....	111
Figura 9 Modelagem IDEF0 – Processo A2.....	112
Figura 10 Modelagem IDEF0 – Terceiro nível hierárquico - Processo A2.....	113
Figura 11 Modelagem IDEF0 – Processo A3.....	125
Figura 12 Modelagem IDEF0 – Terceiro nível hierárquico - Processo A3.....	125
Figura 13 Termômetro da Ferramenta AFRL TRL Calculator versão 1.12.....	128
Figura 14 Algoritmo Implementado na Ferramenta AFRL TRL Calculator versão 1.12. ....	128
Figura 15 Gráfico TRL emitido pela ferramenta CALCULADORA TRL IAE/ITA-2016-1. .....	130
Figura 16 Aplicativo proprietário Máquina AHP 32.....	133
Figura 17 Tela de acesso ao método TRL SETOR ELÉTRICO V.01. ....	134
Figura 18 Tela de acesso a definição das tolerâncias para TRL SETOR ELÉTRICO V.01..	135
Figura 19 Tela de acesso ao método DRL SETOR ELÉTRICO V.01.....	139
Figura 20 Tela de acesso a definição das tolerâncias para DRL SETOR ELÉTRICO V.01.	140
Figura 21 Tela inicial do aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01. ....	142
Figura 22 Modelagem IDEF0 – Processo A4.....	142
Figura 23 Modelagem IDEF0 – Terceiro nível hierárquico - Processo A4.....	144
Figura 24 Relatório 1 - Avaliação do Nível de Maturidade Tecnológica – Produto Tecnológico P4. ....	156
Figura 25 Relatório 2 - Avaliação do Nível de Maturidade Tecnológica – Produto Tecnológico P4. ....	159
Figura 26 Relatório - Avaliação do Nível de Maturidade Demanda – Chamada Pública P&D+I 02/2019. ....	166

Figura 27 Relatório 1 - Avaliação do Nível de Maturidade Proposta de Projeto de P&D+I – Chamada Pública P&D+I 02/2019. ....	172
Figura 28 Relatório 2 - Avaliação do Nível de Maturidade Proposta de Projeto de P&D+I – Chamada Pública P&D+I 02/2019. ....	174
Figura 29 Decomposição Hierárquica Método IDEF0.....	224
Figura 30 Sintaxe IDEF0.....	225
Figura 31 Decomposição do problema em hierarquia.....	228

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Documentos publicados sobre TRL x DRL – Mundo.....	88
Gráfico 2 Documentos publicados sobre TRL – Mundo.....	89
Gráfico 3 Principais países com publicação sobre TRL – Mundo. ....	90
Gráfico 4 Documentos sobre TRL publicados por áreas tecnológicas – Mundo. ....	90
Gráfico 5 Instituições participantes em publicações sobre TRL – Brasil.....	91
Gráfico 6 Documentos publicados sobre TRL – Brasil.....	92
Gráfico 7 Documentos sobre TRL publicados por áreas tecnológicas – Brasil. ....	92
Gráfico 8 Participação em Publicações - ENGENHARIA - Principais Instituições – Brasil. .	93
Gráfico 9 Participação em Publicações - ENERGIA - Principais Instituições – Brasil. ....	93
Gráfico 10 TRL e DRL, Premissas e o Ciclo de Vida de um Projeto. ....	121
Gráfico 11 TRL e DRL e o Ciclo de Vida de um Projeto – Variação do Custo e Risco e o Vale da Morte.....	122
Gráfico 12 TRL e DRL, Premissas e o Ciclo de Vida de um Projeto – Variação do Custo e Risco e o Vale da Morte. ....	123
Gráfico 13 Distribuição – Análise Preliminar Nível TRL - Produtos Tecnológicos. ....	150
Gráfico 14 Distribuição – Análise Nível TRL - Produtos Tecnológicos – Aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01.....	154

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Demandas/Ideias de Inovação. ....	35
Quadro 2 Produtos Tecnológicos Finalizados. ....	35
Quadro 3 Principais Estágios do Processo de Gestão de Inovação. ....	42
Quadro 4 Limitações ou Fraquezas e os Impactos. ....	44
Quadro 5 Níveis e descrições TRL segundo Sadin; Povinelli; Rosen (1989). ....	47
Quadro 6 Níveis e descrições TRL segundo Mankins (1995). ....	48
Quadro 7 Níveis e descrições TRL segundo ISO 16290:2013. ....	56
Quadro 8 Evolução dos Níveis de Maturidade Tecnológica – TRL. ....	60
Quadro 9 Características das abordagens <i>Technology Push</i> e <i>Market Pull</i> . ....	63
Quadro 10 Nível de maturidade da demanda como ferramenta de equilíbrio para a hibridização entre as abordagens <i>Technology Push</i> e <i>Market Pull</i> . ....	66
Quadro 11 Nível de maturidade da demanda segundo Hjorth; Brem (2016). ....	69
Quadro 12 Proposta TRL e DRL Simplificado. ....	72
Quadro 13 Matrix 3x3 TRL x DRL. ....	73
Quadro 14 Caracterização da Pesquisa. ....	80
Quadro 15 Desenho generativo da pesquisa. ....	82
Quadro 16 Passos da Análise de Conteúdo. ....	96
Quadro 17 Quadro dos níveis TRL para o setor elétrico brasileiro. ....	115
Quadro 18 Quadro de correlação – escala da tecnologia. ....	118
Quadro 19 Quadro de correlação – fidelidade da tecnologia. ....	118
Quadro 20 Quadro de correlação – ambiente de uso. ....	118
Quadro 21 Quadro de correlação – TRLs com as três premissas. ....	118
Quadro 22 Correspondência Níveis DRL e TRL Setor Elétrico. ....	124
Quadro 23 Quadro de Apoio para Priorização de Critérios. ....	133
Quadro 24 Avaliação Preliminar Nível DRL das Demandas/Ideias de Inovação das Chamadas Públicas P&D+I. ....	148
Quadro 25 Avaliação Preliminar Nível TRL das Propostas de Projetos de P&D+I das Chamadas Públicas P&D+I. ....	148
Quadro 26 Avaliação Preliminar Nível TRL - Produtos Tecnológicos. ....	148
Quadro 27 Níveis TRLs Gerados pelo Aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01. ....	153
Quadro 28 Avaliação do Pesquisador/ Desenvolvedor - Nível TRL - Produtos Tecnológicos. .....	161

Quadro 29 Nível TRL - Produtos Tecnológicos – das Três Fontes de Dados.....	162
Quadro 30 Avaliação Nível DRL das Demandas/Ideias de Inovação Gerados pelo Aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01.....	164
Quadro 31 Avaliação do Autor - Nível DRL – Demandas/Ideias.....	168
Quadro 32 Nível DRL – Demandas/Ideias – das Três Fontes de Dados.....	169
Quadro 33 Avaliação Nível TRL das Propostas de Projetos de P&D+I Gerados pelo Aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01.....	170
Quadro 34 Avaliação do Pesquisador/ Desenvolvedor - Nível TRL - Propostas de Projetos de P&D+I.....	175
Quadro 35 Nível TRL – Propostas Projetos de P&D+I – das Três Fontes de Dados.....	176
Quadro 36 A Escala Fundamental AHP.....	228
Quadro 37 Matriz Quadrada de julgamento.....	229
Quadro 38 Matriz Quadrada de julgamento com Eigenvector Normalizado.....	230

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Enquadramento das perguntas TRL por foco do critério.....	132
Tabela 2 Enquadramento das perguntas DRL por foco do critério. ....	138
Tabela 3 Enquadramento das perguntas em cada DRL.....	138
Tabela 4 Matriz DRL x TRL Nível de Risco processo de transferência de tecnologia. ....	141
Tabela 5 Matriz DRL x TRL - Demanda/Ideia x Proposta de Projeto Chamada Pública P&D+I 02/2019.....	179
Tabela 6 Valores de RI para diferentes valores de n.....	231

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AEB** – Agência Espacial Brasileira
- AFRL** – *Air Force Research Laboratory*
- AHP** – *Analytic Hierarchy Process*
- ANEEL** – Agência Nacional de Energia Elétrica
- CAPES** – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CCM** – Centro de Competência em Manufatura
- CHESF** – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
- CGEE** – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
- CNPq** – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- CT&I** – Ciência, tecnologia e inovação
- DOD** – Departamento da Defesa dos Estados Unidos
- DRL** – *Demand Readiness Level*
- EAP** – Estrutura Analítica do Projeto
- ELETRORBRAS** – Centrais Elétricas do Brasil
- EMBRAPII** – Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
- ESA** – Agência Espacial Europeia
- FEI** – *Front-End Of Innovation.*
- FINEP** – Financiadora de Estudos e Projetos
- GGP&D+I** – Grupo Gestor de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
- IAE** – Instituto de Aeronáutica e Espaço
- ICAM** – *Integrated Computer Aided Manufacturing*
- ICOMs** – *Inputs, Controls, Outputs e Mechanisms*
- ICT** – Instituição de Científica, Tecnológica e de Inovação
- IDEF** – *Integrated DEFinition Methods*
- IDEF0** – *Integration Definition for Function Modelling*
- INPE** – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- INPI** – Instituto Nacional de Propriedade Industrial
- IPEA** – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
- ISI ER** – Instituto de Inovação em Energias Renováveis

**ISI TIC** - Inovação para Tecnologias da Informação e Comunicação

**ISO** – *International Organization for Standardization*

**ITA** – Instituto Tecnológico de Aeronáutica

**ITEMM** – Instituto de Tecnologia Edson Mororó Moura

**LAM** – Laboratório de Automação da Manufatura

**LASSE** – Laboratório de Automação e Simulação de Sistemas Elétricos

**MME** – Ministério de Minas e Energia

**NASA** – *National Aeronautics and Space Administration*

**NBR** – Norma Brasileira

**OAST** – *Nasa Office of Aeronautics and Space Technology*

**OECD** – *Organization for Economic Co-operation and Development*

**PROP&D** – Manual de Procedimentos do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento

**PRI** – Instituições Públicas de Pesquisa

**PTI** – Parque Tecnológico de Itaipu

**P&D** – Pesquisa e Desenvolvimento

**P&D+I** – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

**QCA** – Análise Comparativa Qualitativa

**ROL** – Receita Operacional Líquida

**SADT** – *Structured Analysis and Design Technique*

**SEB** – Sistema Elétrico Brasileiro

**SENAI** – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

**SIN** – Sistema Interligado Nacional

**SME** – Pequenas e Médias Empresas

**SNI** – Sistema Nacional de Inovação

**TRL** – *Technology Readiness Levels*

**UECE** – Universidade Estadual do Ceará

**UFBA** – Universidade Federal da Bahia

**UFPE** – Universidade Federal de Pernambuco

**UPE** – Universidade de Pernambuco

**UFRJ** – Universidade Federal do Rio de Janeiro

**USP** – Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>1.1</b>	<b>O Contexto da Pesquisa .....</b>	<b>22</b>
<b>1.2</b>	<b>Pergunta de Pesquisa.....</b>	<b>28</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>29</b>
1.3.1	Objetivo Geral .....	29
1.3.2	Objetivos Específicos .....	29
<b>1.4</b>	<b>Justificativa .....</b>	<b>29</b>
1.4.1	Lócus da Pesquisa.....	31
<b>1.5</b>	<b>Estrutura da Dissertação .....</b>	<b>37</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>39</b>
<b>2.1</b>	<b>Caracterizando o Termo Inovação.....</b>	<b>39</b>
<b>2.2</b>	<b>Gestão da Inovação e a Competitividade Empresarial .....</b>	<b>40</b>
<b>2.3</b>	<b>Nível de Maturidade Tecnológica (<i>Technology Readiness Levels</i> - TRL).....</b>	<b>45</b>
<b>2.4</b>	<b>Disseminação do Método TRL e o Uso por Organizações Públicas e Privadas. .....</b>	<b>55</b>
<b>2.5</b>	<b>Nível de Maturidade de Demanda (<i>Demand Readiness Levels</i> - DRL).....</b>	<b>61</b>
<b>2.6</b>	<b>TRL e DRL no Processo de Gestão da Inovação .....</b>	<b>77</b>
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>80</b>
<b>3.1</b>	<b>Instrumentos de Coleta de Evidências e de Modelagem do Método.....</b>	<b>81</b>
3.1.1	As Etapas do Desenho Generativo da Pesquisa.....	84
3.1.2	Entrevistas Semiestruturadas .....	86
3.1.3	Pesquisa Bibliográfica, Documental e Levantamento de Dados .....	87
3.1.4	Procedimento de Análise das Informações e Evidências .....	96
3.1.5	Procedimento de Modelagem e Validação do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico Proposto .....	98
3.1.6	Critérios de Validade e Confiabilidade.....	100

<b>4</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>101</b>
<b>4.1</b>	<b>Processo Atual de Seleção de Demandas/Ideias e Propostas de Projetos de P&amp;D+I da Chesf e a Importância dos Métodos TRL e DRL.....</b>	<b>101</b>
4.1.1	Processo atual da Chesf de seleção de demandas/ideias .....	102
4.1.2	Processo atual de seleção de propostas de projetos de P&D+I .....	103
4.1.3	Aplicação dos métodos TRL e DRL no processo de gestão de inovação - percepção dos entrevistados .....	105
<b>4.2</b>	<b>Aplicativo “DRL X TRL Setor Elétrico V.01”.....</b>	<b>110</b>
4.2.1	Modelagem, implementação e validação do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico .. .....	110
<b>4.3</b>	<b>Validação do Aplicativo “DRLxTRL Setor Elétrico V.01” – Casos Reais Chesf .....</b>	<b>146</b>
4.3.1	Análise preliminar do nível TRL e DRL das demandas/ideias, propostas de projetos e produtos tecnológicos Chesf.....	147
4.3.2	Análise do nível TRL e DRL dos produtos tecnológicos Chesf através da percepção técnica dos responsáveis e utilizando o aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico V.01.... .....	150
4.3.3	Análise do nível TRL e DRL das demandas/ideias e respectivas propostas de projetos P&D+I através da percepção técnica dos responsáveis e utilizando o Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico V.01.....	162
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>182</b>
<b>5.1</b>	<b>Expectativa de Impactos e Benefícios Futuros à Chesf e a Comunidade Científica .....</b>	<b>189</b>
<b>5.2</b>	<b>Limitações e Sugestão de Trabalhos Futuros.....</b>	<b>191</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>193</b>
	<b>APÊNDICE A – PROTOCOLO DE PESQUISA 1ª ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA.....</b>	<b>215</b>
	<b>APÊNDICE B – PROTOCOLO DE PESQUISA 2ª ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA.....</b>	<b>218</b>

<b>APÊNDICE C – MINUTA E-MAIL ENVIADO AOS ENTREVISTADOS</b>	<b>221</b>
<b>APÊNDICE D – IDEF0 (<i>INTEGRATION DEFINITION FOR FUNCTION MODELLING</i>).....</b>	<b>223</b>
<b>APÊNDICE E – <i>DESIGN</i> GRÁFICO COMPLETO IDEF0 UTILIZADO PARA O DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO DRLXTRL SETOR ELÉTRICO V.01 .....</b>	<b>226</b>
<b>APÊNDICE F – AHP (<i>ANALYTIC HIERARCHY PROCESS</i>).....</b>	<b>227</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Baseado nos conhecimentos aplicados desenvolvidos pela NASA em *Technology Readiness Levels* – TRL (Nível de Maturidade Tecnológica) (MANKINS, 2009b, 1995; NOLTE; KENNEDY; DZIEGIEL, 2003; SADIN; POVINELLI; ROSEN, 1989) e da evolução *Demand Readiness Levels* – DRL (Nível de Maturidade da Demanda) proposta por Paun (2012, 2011) e validada por Liu; Subramanian; Hang (2020, 2019), a presente dissertação propõe o desenvolvimento de um aplicativo com algoritmo modelado a partir da convergência dos métodos TRL e DRL com sua validação no estudo de caso específico do setor elétrico brasileiro através da aplicação prática no processo de gestão da inovação da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) nos estágios de seleção de demandas/ideias e propostas para projetos de P&D+I.

O algoritmo do aplicativo e suas especificidades foi concebido alinhado com as características regulatórias, técnicas e administrativas demandadas pelo setor elétrico brasileiro e pela regulamentação de P&D+I instaurada pela Lei nº 9.991/200 sob responsabilidade da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Possui também estreito alinhamento com as sinalizações da agência reguladora da nova evolução na citada regulamentação conforme disposto na Consulta Pública nº 017/2019 de 28 de junho de 2019, que busca trazer ao programa de investimento obrigatório as práticas consolidadas mundialmente de gestão da inovação e os avanços proporcionados pelo novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação (Lei nº 13.243/2016).

O resultado alcançado possui estreita ligação com os objetivos traçados pela Lei de Inovação nº 10.973/2004, pelo novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação (Lei nº 13.243/2016) e seu decreto nº 9.283/2018 que fomentam a cooperação, interação e parceria entre os atores público e privado: instituições e centros de pesquisa com as empresas e a sociedade, uma vez que o aplicativo busca elevar a probabilidade de sucesso do processo de transferência de tecnologia entre as partes interessadas através da análise da convergência do nível de maturidade das informações das demandas tecnológicas do cliente, ou seja, demandado pelo mercado (*Market Pull*), com o nível de maturidade tecnológica da proposta de projeto de P&D+I ou da tecnologia a ser negociada por parte do desenvolvedor ou fabricante (*Technology Push*).

A validação do aplicativo foi realizada com sua aplicação no processo de gestão da inovação da Chesf nos estágios de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de

pesquisa e desenvolvimento e inovação (P&D+I), estágios que, conforme o conhecimento teórico de Tidd; Bessant (2015); Terra (2012); Bes; Kotler (2011); Cooper (2006) e Kline; Rosenberg (1986), são de extrema importância e que precisam ser devidamente conduzidos e gerenciados para o êxito do processo de inovação. Foram avaliadas o nível de maturidade de duas (02) recentes demandas/ideias que foram objeto das Chamadas Públicas de P&D+I 02/2017 e 02/2019, das duas (02) respectivas propostas de projetos de P&D+I selecionadas nas respectivas chamadas públicas, e de onze (11) produtos tecnológicos desenvolvidos pela Companhia nos últimos dez (10) anos em parceria com cinco (05) instituições de pesquisa nacional. Participaram desta pesquisa trinta e oito (38) profissionais, sendo treze (13) funcionários da Chesf (técnicos e gestores) e 25 pesquisadores (entre doutores e mestres) das instituições e centros de pesquisa parceiras da Companhia.

### **1.1 O Contexto da Pesquisa**

O setor elétrico mundial e o Setor Elétrico Brasileiro (SEB) passam por grandes transformações, com inovações incrementais e disruptivas ocorrendo em seus diversos setores e áreas temáticas, seja na prestação do serviço de geração, transmissão e distribuição de energia, como também nas tecnologias, equipamentos e materiais empregados, como menciona Clarice Ferraz (2017). Dentre os diversos atores nacionais no Sistema Nacional de Inovação (SNI), destaca-se o papel do Setor Elétrico Brasileiro (SEB). Por se estender por todo o país, este ator possui características que são consideradas como *sui generis* a nível mundial, devido a sua dimensão e complexidade. O Ministério de Minas e Energia (MME) visualiza que o SEB irá passar ainda por várias e grandes transformações nas próximas décadas (EPE, 2018b). Por ser de dimensões continentais, o SEB possui grandes desafios técnicos que atinge a operação e manutenção do Sistema Interligado Nacional (SIN), e também é comedido pela demanda por crescimento na geração, uma vez que a demanda por energia elétrica, historicamente sempre se elevou e se estima o crescimento até 2050 de no mínimo 1,6% a. a., podendo chegar a 3,0% a. a. a depender do comportamento da economia (EPE, 2018a).

Neste setor estratégico, a sociedade presenciou nestes últimos anos quebra de paradigmas e a consolidação de novas realidades no campo da geração de energia. Observou-se a escalada da competitividade da geração de energia eólica; a redução dos custos de produção de tecnologias de aproveitamento de calor; a redução gradativa dos custos dos equipamentos de geração de energia solar possibilitando a escalada de instalações de geração localizada/distribuída e; o emprego das tecnologias de redes elétricas inteligentes no sistema de

distribuição (EPE, 2018b). Estas transformações fomentadas pela globalização, pelo apelo socioambiental, desenvolvimento sustentável, pela livre concorrência e pelo elevado grau de exigência dos consumidores, obriga as organizações, empresas e o próprio governo a inovarem no âmbito regulatório, gerencial, organizacional, de prestação de serviço e em produtos sustentáveis (WEF, 2018). Nesse cenário o investimento em projetos de pesquisa e desenvolvimento e inovação (P&D+I) tem sido uma estratégia fundamental para conseguir a evolução, a competitividade e o crescimento econômico sustentável, objetivando o alcance da inovação necessária e baseada no conhecimento (CASSIOLATO; LASTRES, 2017; TIDD; BESSANT, 2015; TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008; PELAEZ et al., 2008). No cenário do mundo globalizado, “quem não ousa sonhar não progride, e quem não ‘tem os pés no chão’ entra em colapso. As duas posições são necessárias no processo de inovação. O desafio é saber como combiná-las.” (BES; KOTLER, 2011, p. 139).

Neste contexto, nas últimas décadas o governo brasileiro empreendeu esforços para a consolidação das atividades de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), buscando o crescimento econômico sustentável além de fortalecer as instituições de pesquisa desde sua infraestrutura, como na formação dos pesquisadores (FACCIN; BORTOLASO; BALESTRIN, 2016), passando pelo financiamento direto dos projetos de inovação através de recursos a fundo perdido como também com linhas de financiamento a juros subsidiados (RAMOS, 2018; CIRANI; CAMPANÁRIO; SILVA, 2015; MENDES; OLIVEIRA; PINHEIRO, 2013). Ainda, buscou incentivar o setor produtivo a investir em pesquisa, desenvolvimento e inovação através de leis de incentivo fiscal (Lei do Bem nº 11.195/2005, por exemplo) e também com a Lei de Inovação nº 10.973/2004 e suas atualizações através do novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação (Lei nº 13.243/2016), avançando positivamente em vários aspectos, fomentando a parceria público e privado com as instituições de pesquisa (PARANHOS; CATALDO; PINTO, 2018; IPEA, 2017; MENDES; OLIVEIRA; PINHEIRO, 2013).

A fim de fazer frente aos desafios tecnológicos e de mercado específicos do setor elétrico, de forma pioneira o governo brasileiro promulgou a Lei nº 9.991/2000 de 24 de julho de 2000 que determina às empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do serviço público de energia elétrica aplicar 1% de sua Receita Operacional Líquida (ROL) em projetos de P&D segundo regulamentação definida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (BRASIL, 2000). Este percentual obrigatório reporta o valor expressivo de R\$ 4,0 bilhões entre 2008 e 2017 (ANEEL, 2019a). Importante destacar que esta lei foi pioneira em fomentar a participação das instituições de pesquisas no desenvolvimento tecnológico do setor elétrico, e que evoluiu em 2008 com o fomento da participação direta do setor industrial no processo do

desenvolvimento tecnológico quando da promulgação do novo Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica. A participação da indústria no processo do P&D no setor elétrico foi facilitado com a introdução no programa de três fases com vistas a industrialização dos produtos: cabeça de série, lote pioneiro e inserção no mercado (ANEEL, 2008). Com esta evolução a agência reguladora buscou diminuir a lacuna da falta do processo de prototipação, fabricação, e escalonamento necessário para evolução do nível de maturidade das tecnologias buscando a inserção no mercado, fases estas que as instituições e centros de pesquisa não podiam oferecer naquele momento.

Como exemplo recente da magnitude dos investimentos em P&D envolvidos no atendimento a Lei nº 9.991/200, destaca-se os números divulgados pela Eletrobras em seu relatório Anual de 2018 (ELETROBRAS, 2018a). De acordo com o relatório, o percentual de investimento em P&D da ROL de seu grupo de empresas foi de 1,4%, ultrapassando a meta regulatória que é de 1,0%, ou seja, foram investidos cerca de 349 milhões de reais em P&D (ELETROBRAS, 2018a). Buscando maximizar a orientação da sua  *Holding*, a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf) programa o investimento financeiro em inovação para o horizonte 2019-2023 da ordem de 420 milhões, notadamente em projetos de pesquisa voltado à cadeia tecnológica de geração solar fotovoltaica e termosolar (CHESF, 2018b).

Todavia é importante analisar os resultados e os impactos alcançados pelo investimento obrigatório ditado pela Lei nº 9.991/2000. Destaca-se os estudos do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2015), de Cabral (2015), de Junior et al. (2013) e do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2011) que analisaram o grau de aderência do programa de P&D do Setor Elétrico Brasileiro ao estado da arte no tocante a gestão da inovação e a tradução dos altos investimentos em resultados e impactos alcançados, ou seja, o potencial inovador proporcionado. Os estudos de CGEE (2015) e IPEA (2011) diagnosticaram diversos fatores e desafios enfrentados pelos participantes do programa, como por exemplo: deficiência existente na correta delimitação dos resultados a serem alcançados e conseqüentemente a definição do escopo do projeto e seu correto enquadramento em uma das fases da cadeia de inovação definido pela ANEEL. Os autores ainda acrescentam como pontos de avanço e ou melhoria: a necessidade de amadurecer um processo de gestão de inovação; da correta elaboração dos projetos de P&D desde a concepção da ideia/demanda; a formatação de projetos com foco no desenvolvimento tecnológico; formação das equipes de gestão; a integração dos parceiros adequados a maturidade dos objetivos propostos; a elaboração adequada dos respectivos contratos/convênios, o acompanhamento da execução e do processo de conclusão dos projetos para a inserção dos resultados na cadeia de valor planejada (CGEE, 2015; IPEA, 2011).

Com foco em um caso específico do investimento obrigatório da Lei nº 9.991/2000, Junior et al. (2013) estudou o processo de inovação da Chesf. Os autores concluíram que somente uma pequena parcela dos resultados alcançados de uma amostra de quarenta e um (41) projetos de P&D+I concluídos da Chesf, chegaram ao estágio de desenvolvimento industrial, destes somente dois (02) tiveram alguma forma de tratamento da propriedade intelectual e apenas um (01) teve desdobramento ao mercado com o licenciamento tecnológico a uma *Startup*. Evidenciaram a importância da adoção pela empresa de novas estratégias de gestão para o desenvolvimento dos projetos, o alcance da inovação e o enraizamento dessa cultura. Cita-se também o trabalho de Cabral (2015), que realizou análise da transformação organizacional generativa no ambiente da Chesf proporcionada pela busca de inovação e pelo desenvolvimento sustentável. Como resultado das entrevistas com o grupo de gestão de pesquisa, desenvolvimento e inovação da Chesf (GGP&D+I) destaca-se dois importantes diagnósticos: que as ideias ainda estão em “processo de gestação” sem alcançar o ciclo completo da inovação e de que a empresa deve se preparar para analisar em que medida a ideia e o projeto de P&D+I são de fato viáveis sob os vários aspectos: ambientais, econômicos, financeiros e sociais, e assim poder atingir as metas propostas.

Os resultados dos trabalhos do IPEA (2011), Junior et al. (2013), Cabral (2015) e do CGEE (2015) sugerem a importância da correta elaboração dos projetos de P&D no programa regulado pela ANEEL, desde a concepção da ideia, na formação dos parceiros, na elaboração dos respectivos contratos/convênios, no acompanhamento da execução e no processo de conclusão dos projetos para a inserção dos resultados na cadeia de valor planejada com a parceria com o setor industrial. Elencam diversos fatores e desafios como, por exemplo, a correta delimitação dos resultados a serem alcançados e conseqüentemente o escopo do projeto e parceiros necessários e a determinação correta do enquadramento em uma das seis (06) fases da cadeia de inovação definido pela ANEEL: Pesquisa Básica, Pesquisa Aplicada, Desenvolvimento Experimental, Cabeça de Série, Lote Pioneiro e Inserção no Mercado (CGEE, 2015; IPEA, 2011). O estudo do CGEE (2015) ainda aponta para a importância do enquadramento dos projetos de P&D ANEEL na escala Nível de Maturidade Tecnológica (*Technology Readiness Levels - TRL*), que na visão dos autores deve permitir o aumento das chances de alcançar os resultados propostos e principalmente materializar a inovação com a transferência de tecnologia, por exemplo.

A recomendação é justificada, tendo em vista que o detalhamento dos processos de testes e prototipagem, principalmente o processo de demonstração do protótipo em ambiente operacional, proporcionaria maior robustez aos projetos de P&D frente ao mercado e, por conseguinte, uma maior chance de que se tornassem inovadores, do ponto de vista conceitual (CGEE, 2015, p. 156).

Admitindo que o processo de gestão do programa de P&D no setor elétrico deve buscar sua evolução a fim de incorporar as evoluções do estado da arte em gestão da inovação, a ANEEL em 2019 abriu processo de Consulta Pública nº 017/2019 através da Nota Técnica nº 227/2019-SPE/ANEEL de 28 de junho de 2019, a fim de obter contribuições da sociedade ao programa e de novos instrumentos de incentivo à inovação no setor elétrico, e dentre um dos pontos levantados pela agência reguladora foi a da adoção do método de mensuração do Nível de Maturidade Tecnológica (TRL) reconhecendo-a como a abordagem internacional mais difundida e utilizada para acessar o grau de evolução e da maturidade da tecnologia e para a gestão da inovação (ANEEL, 2019bc). Como resultado a ANEEL em 20 de dezembro de 2019 divulgou a Nota Técnica nº 0372/2019-SPE/ANEEL onde reconhece a importância da adoção da TRL uma vez que ela “[...] se baseia principalmente por permitir mais granularidade e detalhar o nível de desenvolvimento tecnológico dos resultados dos projetos, bem como no alinhamento às métricas adotadas em programas de PD&I em todo o mundo” (ANEEL, 2019d, p. 47).

Pode-se concluir dos estudos científicos de CGEE (2015), Cabral (2015), Junior et al. (2013), Ipea (2011) e pelos documentos da ANEEL (2019bcd) que um dos gargalos críticos de gestão da inovação tem sido a falta de ferramentas de análise do nível de maturidade das informações durante os estágios de identificação de uma demanda/ideia ou oportunidade como também no processo de escolha de projetos para o desenvolvimento do produto almejado.

O TRL foi originalmente desenvolvido pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) como critério de apoio a tomada de decisão de compra e desenvolvimento de novas tecnologias para utilização direta no programa espacial americano, notadamente caracterizado pela complexidade, por envolver elevados valores financeiros de investimento, mas com necessidade intrínseca de controle de risco em alto nível (NASA, 2010). O objetivo do método é de aferir o grau final de maturidade tecnológica alcançada pela tecnologia candidata à compra ou a inserção nos projetos aeroespaciais, grau este calculado através de parâmetros e evidências do estágio do estado da técnica alcançada pela solução. Com o emprego deste método a NASA minimizou falhas e diminuiu a níveis confortáveis os riscos

de inserção de produtos nos ambientes altamente estratégicos do programa espacial americano (NASA, 2010).

De fato, após o sucesso do seu emprego nas atividades da NASA, observando a sua importância e a escalada do uso do método TRL por seus outros atores, o governo americano através da *International Organization for Standardization* (ISO), elaborou a ISO 16290:2013 padronizando seus conceitos e definições (ISO, 2013). Da mesma forma, observando a importância do método para a Agência Espacial Brasileira (AEB) e para as demais instituições de pesquisa do país, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) traduziu a ISO 16290:2013 editando a NBR ISO 16290:2015 (ABNT, 2015).

Expandindo a aplicação do método TRL, Paun (2012, 2011) propôs o método *Demand Readiness Levels* (DRL) com o objetivo de avaliar o nível de maturidade pelo lado do cliente que demanda um novo produto ou que identificou uma oportunidade técnica de evolução. O autor também propôs a convergência do resultado aferido por este método com o nível de maturidade tecnológica alcançado pelo produto ou proposta de projeto aferido pelo método TRL. Esta convergência tem como objetivo avaliar o potencial de êxito do processo de transferência de tecnologia tão almejado (PAUN, 2012, 2011; LIU; SUBRAMANIAN; HANG, 2020, 2019). Conforme Paun (2012; 2011) e Liu; Subramanian; Hang (2020, 2019), empregando-se metodologias no processo de gestão da inovação que possibilitem aferir o nível de maturidade tanto no lado do cliente (*Market Pull*) como pelo lado do desenvolvedor da tecnologia (*Technology Push*), possibilita aos gestores, pesquisadores, desenvolvedores e clientes/demandantes o correto enquadramento do projeto nos respectivos estágios de desenvolvimento e o casamento desejado com a solução ou produto demandado. Como retorno do emprego dos métodos lista-se a possibilidade de traçar estratégias de investimento e desenvolvimento mais assertivas e coerentes, o mapeamento de riscos e gargalos e alocação adequada de recursos, traduzindo todo o esforço (financeiro ou não) em resultados efetivos, ou seja, um casamento exitoso entre a demanda inicial com o produto desenvolvido ou ofertado, ou seja, maximiza-se a probabilidade de sucesso de um futuro processo de transferência de tecnologia (PAUN, 2012, 2011; LIU; SUBRAMANIAN; HANG, 2020, 2019).

No entanto, conforme a ABNT (2015, p. vi), para a correta aplicação da escala de maturidade, deve-se ter atenção, pois “o procedimento detalhado para a avaliação do TRL deve ser definido pela organização ou instituto competente responsável pela atividade”, ou seja, a norma a NBR ISO 16290:2015 informa que os critérios, procedimentos e a metodologia detalhada para o enquadramento do projeto nos diversos níveis de maturidade devem ser elaborados por cada organização. Reforçando esta orientação, Bessant; Tidd (2009) esclarece

que existem no estado da arte excelentes opções de ferramentas e ou técnicas que ajudam os gestores e os profissionais no processo do desenvolvimento e gestão da inovação, o desafio é adaptá-las e utilizá-las para o contexto específico de cada empresa e suas redes de inovação.

Conforme ANEEL (2019d, p. 47), convergindo com a orientação da ABNT (2015) e de Bessant; Tidd (2009) para adoção do método de análise do nível de maturidade no programa de P&D do setor elétrico “[...]seria necessária também uma mudança na especificação dos objetivos, nos critérios de priorização e de avaliação dos projetos, para adequação aos princípios da métrica”. Ela sugere inclusive que se pode aproveitar algumas características definidoras dos estágios do método TRL, no entanto infere que será necessário adaptá-lo as realidades que o programa procura fomentar como o desenvolvimento de Mínimos Produtos Viáveis (MVPs), inovação de mercado e organizacional em parceria com o setor industrial, por exemplo (ANEEL, 2019d).

## 1.2 Pergunta de Pesquisa

Diante da problematização exposta e das melhorias latentes a serem alcançadas no processo da gestão da inovação no setor elétrico (CGEE, 2015; IPEA, 2011), dos pontos de evolução que podem ser implementados no processo de gestão de inovação identificado na Chesf (CABRAL, 2015; JUNIOR et al., 2013), dos princípios e diretrizes da sua *holding* Eletrobras (2018b), da orientação do CGEE (2015) e da ANEEL (2019bcd) da oportunidade do uso da metodologia TRL, do método DRL recentemente proposto por Paun (2012, 2011) que visa maximizar o processo de transferência de tecnologia, e também das orientações teóricas de Tidd; Bessant (2015); Terra (2012); Bes; Kloter (2011), Bessant; Tidd (2009) e da própria norma ABNT (2015) que as técnicas de gestão da inovação devem ser adaptadas para o correto emprego dentro das características específicas de cada organização, formula-se a pergunta de pesquisa:

**Como os métodos DRL e TRL auxiliam no processo de tomada de decisão nos estágios de captação de demandas/ideias e seleção de propostas de projetos de P&D+I para o setor elétrico?**

A presente dissertação estuda como os métodos TRL e DRL se relacionam com o processo de inovação a partir das demandas específicas da Chesf, empresa atuante no setor elétrico. Nesta lógica, busca-se a construção de conhecimento para contribuir ao processo de gestão da inovação nos estágios de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I, a fim de torná-los eficientes no tocante a entrega de informações consistentes e no nível

de maturidade adequado para o alcance dos objetivos propostos no projeto e a materialização do processo de transferência de tecnologia através do desenvolvimento, aplicação e validação de aplicativo oriundo da convergência dos métodos TRL e DRL.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Desenvolvimento de aplicativo resultado da convergência dos métodos *Demand Readiness Levels* (DRL), Nível de Maturidade da Demanda e *Technology Readiness Levels* (TRL), Nível de Maturidade Tecnológica, para uso em empresa do setor elétrico brasileiro como ferramenta de tomada de decisão nos estágios de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Como desdobramento do objetivo principal os seguintes objetivos específicos serão buscados:

- a) Analisar o contexto atual do processo de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I adotado pela Chesf.
- b) Avaliar os métodos DRL e TRL para aplicação no processo de gestão de inovação da Chesf nos estágios de captação de demandas/ideias e de seleção de propostas de projetos de P&D+I.
- c) Validar o aplicativo (DRLxTRL) em duas (02) demandas/ideias, duas (02) propostas de projeto de P&D+I e onze (11) produtos tecnológicos desenvolvidos pela Chesf.

### **1.4 Justificativa**

O desenvolvimento da pesquisa está fundamentado nas razões de ordem teórica e prática visando a evolução do processo de gestão da inovação para empresa do setor elétrico nos estágios de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I, que conforme Tidd; Bessant (2015); Terra (2012); Bes; Kotler (2011); Cooper (2006) e Kline; Rosenberg (1986) são estágios de extrema importância para o êxito do desenvolvimento do produto final e para o alcance da inovação. São instruções alicerçadas principalmente nos diagnósticos de ordem prática dos resultados auferidos pelo programa de P&D no Setor Elétrico Brasileiro (SEB) e

nas sugestões de aprimoramentos relatados nos trabalhos do IPEA (2011), de Junior et al. (2013), Cabral (2015), do CGEE (2015) e ANEEL (2019bcd), que constatarem vários desafios e gargalos na gestão da inovação neste setor e em uma das suas empresas, a Chesf, denotando a importância da correta elaboração dos projetos de P&D+I desde a concepção da demanda/ideia, aferindo os respectivos níveis de maturidade tecnológica com a consequente alocação correta dos projetos nas fases da cadeia da inovação, potencializando o alcance dos objetivos e a inserção dos resultados na cadeia de valor planejada.

Apesar da relevância do tema e dos trabalhos produzidos sobre o método TRL em nível internacional, é recente a sua integralização e uso no Brasil, fomentada principalmente pela tradução pela ABNT da ISO 16290:2013 que ocorreu em 2015 com a promulgação da norma NBR ISO 16290:2015 conforme levantamento realizado na base de publicações da Scopus Elsevier. A primeira instituição a usar a TRL em seus processos de compras e desenvolvimento foi o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (INPE, 2008). Também se observa o uso da TRL pela Embraer e pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) no Laboratório de Automação da Manufatura do Centro de Competência em Manufatura (LAM / CCM) e na unidade ITA-EMBRAPII de Manufatura Aeronáutica. Ainda pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), pelas unidades da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII), na Embrapa Agroenergia, Petrobras, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pelo Parque Tecnológico de Itaipu (PTI) (PETROBRAS; SEBRAE, 2020; FINEP, 2020; EMBRAPII, 2020; BRASIL, 2020; OTTO et al., 2019; BRASIL, 2018; ROCHA; MELO; RIBEIRO, 2017; CAPDEVILLE; ALVES; BRASIL, 2017; ITA, 2015).

Da mesma forma que a TRL, o levantamento realizado na base Scopus Elsevier revelou a inexistência do emprego e/ou de estudos acadêmicos com relação ao método DRL no Brasil, da mesma forma é inexistente publicações brasileiras ou com participação brasileira tratando a convergência da análise do nível de maturidade tecnológica (TRL) com o nível de maturidade da demanda (DRL) em processos de gestão da inovação com o objetivo de maximizar o êxito da transferência de tecnologia. Estas evidências revelam o ineditismo, relevância e grau do impacto inovativo do objetivo proposto, bem como forja o caminho acadêmico para novas pesquisas, desenvolvimentos e replicações futuras.

Neste contexto, este estudo visa contribuir para a formação de conhecimento teórico e prático, através do estudo e a convergência dos métodos TRL e DRL com o desenvolvimento de aplicativo validado de forma original em uma empresa do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB). Através deste desenvolvimento empregando a convergência dos dois métodos DRL e TRL,

observando as características técnicas e administrativas do setor elétrico, busca-se maximizar o alcance dos resultados propostos pelas demandas/ideias tecnológicas, na melhor formatação de propostas de projetos de P&D+I e conseqüentemente, elevar o potencial de êxito dos produtos propostos, potencializando a geração de propriedade intelectual forjando rotas de novos negócios através de um processo de transferência de tecnologia com licenciamento tecnológico.

#### 1.4.1 Lócus da Pesquisa

A busca pela inovação perpassa todos os mercados e, não é diferente no caso do setor elétrico brasileiro. Um dos marcos no investimento em inovação no setor elétrico foi a promulgação da Lei nº 9.991 em 24 de julho de 2000, que tornou obrigatório o investimento em programas de pesquisa e desenvolvimento pelas empresas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. O objetivo da lei foi de engajar as empresas na busca pela inovação para fazer frente aos desafios tecnológicos e de mercado característicos deste setor, elevando a qualidade do fornecimento de energia elétrica, a diversificação da matriz energética brasileira e a modicidade tarifária, objetivos macros que seriam potencializados através da pesquisa, desenvolvimento e inovação (ANEEL, 2017, 2016, 2012; CGEE, 2015; IPEA, 2011; BRASIL, 2000).

Conforme EPE (2018ab) e CGEE (2015) o sistema elétrico brasileiro apresenta desafios específicos que poderão ser vencidos através de investimentos em inovação. No entanto, apesar dos esforços empreendidos pelos atores, empresas, centros de pesquisa, universidades e do próprio governo no atendimento ao que preconiza a Lei nº 9.991/2000, os diagnósticos do CGEE (2015) e do IPEA (2011) apontam que ainda existem obstáculos a serem superados para a otimização e a efetiva tradução dos investimentos em aumento de competitividade e evolução do setor.

Ademais, ANEEL (2019bcd) sinaliza através da Consulta Pública nº 017/2019 de 28 de junho de 2019, a necessidade de trazer ao programa de investimento obrigatório as práticas consolidadas mundialmente de gestão da inovação e os avanços proporcionados pelo novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação (Lei nº 13.243/2016) os quais fomentam a cooperação, interação e parceria entre os atores público e privado: instituições e centros de pesquisa, com as empresas e a sociedade e a inclusão do método *Technology Readiness Level* (TRL) ao processo de planejamento e desenvolvimento dos projetos de P&D+I.

Adicionalmente, conforme revelam os estudos de Cabral (2015), de Junior et al. (2013) que analisaram o processo de gestão da inovação da Companhia Hidro Elétrica do São

Francisco (Chesf), uma das grandes empresas do setor elétrico, os investimentos conseguiram materializar grandes resultados em relação a geração de conhecimento, formação de mão de obra e infraestrutura para pesquisa tanto do lado da empresa como pelas instituições de pesquisa. No entanto a maioria dos resultados práticos se limitaram a protótipos funcionais e não avançaram além das fronteiras da empresa.

A Chesf é uma empresa subsidiária da Eletrobras, com 72 anos de história composta de 3.193 funcionários distribuídos nas suas diversas instalações. É uma das maiores geradoras e transmissoras do país, com 12 usinas hidrelétricas e 10 reservatórios com capacidade total de armazenamento de 57,4 bilhões de metros cúbicos de água, mais de 21 mil quilômetros de linhas de transmissão e duas usinas eólicas. Possui capacidade instalada de geração de energia que totaliza 10.323,43 MW com 129 subestações de potência, totalizando 49.726,17 MVA de capacidade de transformação (CHESF, 2019, p. 22). A empresa vem ao longo dos anos evoluindo sua visão estratégica e hoje ela tem como foco “ser referência em soluções rentáveis e inovadoras em energia elétrica com alto valor para a sociedade” e possui como um dos valores a inovação e o empreendedorismo (CHESF, 2019, p. 24).

Conforme pode ser observado através dos relatórios anuais e de sustentabilidade (CHESF, 2019, 2018ab, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013), e em publicações e trabalhos acadêmicos completos (CABRAL, 2015; ALMEIDA, 2013, 2007; JUNIOR et al., 2013), a Chesf durante todo o processo de investimento em P&D+I regulatório tem buscado aprimorar seu processo de gestão da inovação sempre alinhado com o vetor sustentabilidade e ao planejamento empresarial, potencializando os investimentos em inovação, os impactos positivos em seus processos e o retorno a sociedade e ao meio ambiente.

O objetivo da pesquisa e o desenvolvimento do aplicativo surgiu da necessidade preeminente de evolução do processo de tomada de decisão nos estágios de identificação de oportunidades internas (demandas/ideias) e de seleção de propostas de projetos de P&D+I da Chesf, empresa na qual o autor é funcionário, situação que facilitou todo o processo de desenvolvimento dos objetivos específicos. De fato, como um dos passos da evolução em sua gestão da inovação, o produto apresentado nesta dissertação será adotado pela Chesf como método adicional para tomada de decisão que nortearão os futuros investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação. Dentro deste contexto o lócus da pesquisa é a Chesf com foco na gestão do processo de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D+I) gerenciado pelo Grupo Gestor de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (GGP&D+I).

Medindo o potencial de relevância e impactos, vislumbra-se os seguintes ganhos gerais para o setor elétrico notadamente à Chesf:

- i) Possuir aplicativo que possibilite a avaliação do nível de maturidade das demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I. Irá possibilitar uma melhor gestão de portfólio uma vez que identifica o nível de maturidade do conhecimento envolto àquela demanda/ideia e a proposta de projeto de P&D+I;
- ii) elevar os indicadores de êxito de seleção de projetos aderentes ao planejamento estratégico da empresa e aderente as expectativas, benefícios e objetivos traçados na ideia/demanda;
- iii) elevar o número de incorporação de tecnologias e processos inovadores desenvolvidos a partir do investimento de P&D+I;
- iv) elevar o número de pedidos de patente, de modelo de utilidade, de registro de software, marcas e principalmente o número de transferências de tecnologia ao mercado, devido ao êxito do alcance dos produtos propostos pelos projetos de P&D+I no nível de maturidade demandados pelas áreas técnicas da Chesf. Ou seja, a tradução do investimento em inovação interna gerando retornos econômicos ou financeiros adicionais.

No tocante a geração de conhecimento e impactos à academia e ao estado da arte no tema:

- i) enriquecer o conhecimento sobre os métodos TRL e DRL e a aplicação no processo de gestão da inovação, possibilitando novos desenvolvimentos, adaptações e aplicações nos diversos segmentos e linhas de pesquisa, em outros setores da economia, bem como em outros ambientes empresariais;
- ii) publicação de novos trabalhos e artigos em periódicos nacionais e internacionais visto consistir em uma adaptação ainda não realizada para o setor elétrico brasileiro com aplicação original na fase de ideação e na de seleção de propostas de projetos independente do grau de complexidade e magnitude de investimento;
- iii) como um dos fatores de impacto ao estado da arte, busca-se expandir a utilidade dos métodos DRL e TRL aos estágios iniciais do processo (ideação e seleção de projetos) envolta nas particularidades e especificidades do setor elétrico brasileiro.

#### 1.4.1.1 Critérios de Inserção do Objeto e do Sujeito

Conforme brevemente descrito na seção anterior, o lócus da pesquisa é o processo de gestão de pesquisa, desenvolvimento e inovação da Chesf, sob responsabilidade do GGP&D+I. O GGP&D+I está ligado diretamente a Diretoria de Regulação e Comercialização da empresa

e tem como responsabilidade principal a gestão de todo o processo de investimento em inovação na Chesf, seja através de projetos de pesquisa e desenvolvimento fomentado pela Lei nº 9.991/2000 como por projetos inovadores desenvolvidos diretamente por qualquer funcionário das diversas áreas da empresa fomentados pela Lei da Inovação nº 10.973/2014 e pela Lei nº 13.243/2016 que instituiu o Novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação regulamentado pelo decreto nº 9.283/2018. Além de atuar diretamente em alguns projetos inovadores sob sua responsabilidade técnica, também é responsável pela gestão da propriedade intelectual de toda a Companhia buscando disseminar os objetivos norteadores das Leis de Propriedade Industrial nº 9.279/1996 e de Direito Autoral nº 9.610/1998.

O GGP&D+I atualmente é composto por sete (07) integrantes, sendo: um gerente com formação em engenharia elétrica e seis (06) integrantes com as seguintes formações: dois (02) engenheiros eletricitas, um (01) engenheiro mecânico, uma (01) administradora e duas (02) psicólogas. Trata-se de profissionais de carreira que possuem diferentes expertises e tempo de empresa, agregando valor ao processo de gestão da inovação inclusive em diferentes áreas temáticas: Engenharia Elétrica com ênfase em Gestão da Inovação e Propriedade Intelectual (12 anos de empresa e 22 de setor elétrico); Engenharia Elétrica com ênfase em geração solar (16 anos de empresa/setor elétrico); Engenharia Elétrica com ênfase em sistemas térmicos de potência (36 anos de empresa/setor elétrico); Engenharia Mecânica com ênfase em engenharia de produção e métodos multicritérios (15 anos de empresa/setor elétrico); Administradora com atuação em análise de projetos de inovação (15 anos de empresa/setor elétrico); e duas Psicólogas com atuação em análise de projetos de inovação, uma com 40 anos de empresa/setor elétrico e outra com 33 anos de empresa/setor elétrico.

Além da participação direta do GGP&D+I, o desenvolvimento desta pesquisa contou com pesquisadores e desenvolvedores de diversas áreas técnicas da Chesf e de instituições parceiras de pesquisa e desenvolvimento tecnológico: UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, UFCG – Universidade Federal de Campina Grande, CPQD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações, ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, UFPA – Universidade Federal do Pará, UPE – Universidade de Pernambuco, ITEM – Instituto de Tecnologia Edson Mororó Moura, PTI – Parque Tecnológico de Itaipu, SENAI CIMATEC - BA, SENAI ISI ER - RN, SENAI ISI TIC - PE, Taquion Inovação e CLAEQ – Centro Latino Americano para Inovação, Excelência e Qualidade.

Conforme delineado e programado nos objetivos específicos, é necessário a definição de quais demandas/ideias, propostas de projetos de P&D+I e produtos tecnológicos serão os candidatos para avaliação do nível de maturidade, a fim de validar os desenvolvimentos propostos nesta pesquisa. Para esta importante definição foram elencadas as seguintes premissas: i) deve-se priorizar demandas/ideias de inovação recentes e suas respectivas propostas de projetos de P&D+I; ii) os processos de seleção de propostas de projetos de P&D+I devem estar finalizados ou em fase de finalização; iii) deve-se buscar selecionar produtos tecnológicos finalizados de naturezas e áreas distintas.

De posse destas premissas, foi definido em conjunto com os integrantes do GGP&D+I Chesf as seguintes demandas/ideias com as respectivas propostas de projeto de P&D+I e a lista dos produtos tecnológicos desenvolvidos. Nesta dissertação a relação constante no Quadro 1 e Quadro 2 abaixo passaram a ser denominada de “objetos da pesquisa”.

**Quadro 1 Demandas/Ideias de Inovação.**

<b>Demandas/Ideias</b>	<b>Foco da Oportunidade</b>	<b>Área Temática</b>
<b>Demanda da Chamada Pública P&amp;D+I 02/2017</b>	Aerogeradores e as melhorias no processo de conversão de energia com integração a outras fontes.	Engenharia de Geração Eólica.
<b>Demanda da Chamada Pública P&amp;D+I 02/2019</b>	Minigeração fotovoltaica com armazenamento de energia por baterias como fonte autônoma de suprimento dos serviços auxiliares de subestações.	Engenharia de Geração Solar.

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 2 Produtos Tecnológicos Finalizados.**

<b>Produto Tecnológico</b>	<b>Problema/Oportunidade Solucionado</b>	<b>Área Temática</b>
<b>PT 1</b>	Analisar os registros de operação do sistema elétrico para avaliar e diagnosticar as perturbações realizando análise de desempenho do sistema.	Pós Operação do Sistema Elétrico.
<b>PT 2</b>	Convergência dos sistemas de comunicação da tele proteção para rede WAN em substituição da comunicação via Carrier, Hierarquia Digital Plesincrona e ou por Hierarquia Digital Síncrona.	Tele Proteção do Sistema Elétrico.
<b>PT 3</b>	Tratamento inteligente e em tempo real dos alarmes do sistema de operação.	Operação em Tempo Real do Sistema Elétrico.
<b>PT 4</b>	Identificação de intervenções de forma preditiva nos ativos de baterias, monitorando a vida útil do sistema de armazenamento de energia.	Armazenamento de Energia para Subestações.
<b>PT 5</b>	Solução para redução a níveis adequados o ruído gerado pelas máquinas e geradores de uma Usina Hidrelétrica.	Geração de Energia por Usinas Hidrelétricas.
<b>PT 6</b>	Desenvolvimento de aeronaves não tripuladas a fim de realizar a inspeção automática das linhas de transmissão da Chesf, no raio de atuação de quilômetros.	Inspeção de Linhas de Transmissão de energia.
<b>PT 7</b>	Método de inspeção de isoladores de linhas de transmissão em termos de agregados de poluição, a fim de detectar descargas parciais e índice de humidade.	Descargas Parciais em Isoladores de Linhas de Transmissão de Energia

<b>PT 8</b>	Detecção da presença e a da concentração de gases diluídos no óleo isolante de transformadores de alta tensão de forma a avaliar em tempo real o estado operacional do ativo.	Concentração de Gases dissolvidos no Óleo Isolante de Transformadores de alta Tensão.
<b>PT 9</b>	Evolução do sistema de tratamento inteligente de alarmes do sistema de operação.	Operação em Tempo Real do Sistema Elétrico.
<b>PT 10</b>	Geração padronizada de documentos para realização de manobras em situações atípicas (não cobertas em manuais e procedimentos) que ocorrem durante o processo de operação do sistema elétrico.	Operação em Tempo Real do Sistema Elétrico.
<b>PT 11</b>	Automação das medições instrumentais dos processos de auscultação de barragens de usinas hidrelétricas antecipando detecção de danos estruturais e na prevenção de possíveis desastres.	Integridade das Barragens de Usinas Hidrelétricas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação a primeira e segunda premissa, que tem como foco a seleção das demandas/ideias e das respectivas propostas de projeto de P&D+I selecionadas, estas têm como principal objetivo facilitar e dinamizar o processo de validação do produto desta pesquisa uma vez que as informações e os dados estão facilmente acessíveis, por se tratar de processos recentes. Ademais, será proporcionado a Chesf diagnósticos atualizados em recentes processos e que estariam ainda em rito de contratação ou em fase de início de execução, ou seja, trata-se de uma contribuição direta em bom tempo e que poderia ser rapidamente integralizada aos respectivos processos.

Com relação a terceira premissa, busca-se a diversificação, explorando e validando os resultados desta pesquisa cobrindo um maior espectro de possibilidades técnicas, não se limitando a um tipo de tecnologia ou apenas em uma área temática. Adicionalmente, proporcionará a Chesf o diagnóstico do nível de maturidade tecnológico de produtos de potencial relevante em diversas áreas do negócio da empresa, resgatando pontos de evolução e/ou gargalos técnicos ainda existentes. Desta forma, poderá trazer à tona informações estratégicas sobre as respectivas tecnologias que poderão pavimentar novas rotas de desenvolvimento na busca de elevar os ganhos financeiros e econômicos e potencializar o retorno a sociedade e ao meio ambiente. Para facilitar a formatação dos textos, em alguns momentos será utilizado o termo “objetos de pesquisa” para trazer a pauta as demandas/ideias e as respectivas propostas de projeto de P&D+I e os produtos tecnológicos desenvolvidos listados no Quadro 1 e Quadro 2.

## 1.5 Estrutura da Dissertação

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo, ao qual está inserida esta seção, refere-se à Introdução da Dissertação e apresenta o contexto da pesquisa correspondente ao estudo, o objetivo geral e dos objetivos específicos, bem como os argumentos que justificaram a realização da pesquisa apresentada com a descrição do lócus da pesquisa.

O segundo capítulo refere-se a Fundamentação Teórica, na qual estão expostos os principais conceitos teóricos que fundamentam a pesquisa e o desenvolvimento realizados, destacando-se os conceitos: Inovação; Gestão da Inovação e a Competitividade Empresarial; Nível de Maturidade Tecnológica (TRL); uso do Método TRL por Instituições Públicas e Privadas; a evolução da TRL para a avaliação do Nível de Maturidade de Demanda (DRL); a TRL e DRL no processo de Gestão da Inovação.

O terceiro capítulo apresenta os Procedimentos Metodológicos empregados para a consecução dos objetivos específicos propostos, delineando o desenho generativo da pesquisa com os objetivos específicos desdobrado em etapas e nos procedimentos metodológicos utilizados. Conforme desenho generativo foi previsto:

- i) a realização de entrevistas semiestruturadas com os integrantes do grupo de gestão de pesquisa, desenvolvimento e inovação da Chesf (GGP&D+I) a fim de identificar o contexto atual do processo de seleção de ideias e de propostas de projetos de P&D+I da Chesf e avaliar a percepção dos gestores quanto a aderência dos métodos TRL e DRL a estes processos;
- ii) o levantamento bibliométrico da fundamentação teórica sobre inovação, gestão da inovação e nível de maturidade tecnológica e de demanda;
- iii) propor a adaptação das teorias DRL e TRL ao setor elétrico com o desenvolvimento de um aplicativo para avaliar o nível de maturidade da demanda/ideia e de proposta de projeto de P&D+I;
- iv) realizar teste de uso do aplicativo (DRLxTRL) avaliando o nível de maturidade de duas (02) demandas/ideias, das duas (02) propostas de projeto de P&D+I e de onze (11) produtos tecnológicos selecionados pela Chesf.

O quarto capítulo, de análise e discussão dos resultados, apresenta os resultados da pesquisa iniciando pela caracterização do processo de seleção de ideias e de propostas de projetos de P&D+I pelos integrantes do GGP&D+I da Chesf; a construção da escala TRL e DRL aderente a regulamentação de P&D do Setor Elétrico brasileiro; apresentação do aplicativo “DRL x TRL SETOR ELÉTRICO V.01” e o processo de validação do aplicativo em casos reais da CHESF.

O quinto capítulo apresenta a Conclusão sobre os objetivos específicos alcançados, passando pelos resultados auferidos com a aplicação prática do aplicativo “DRL x TRL SETOR ELÉTRICO V.01”. Adicionalmente neste último capítulo é apresentado as limitações identificadas durante a pesquisa bem como, são listadas sugestões de linhas de pesquisa futuras para o avanço tecnológico e de conhecimento nas linhas de pesquisa desta dissertação.

A fim de auxiliar os leitores e pesquisadores, foi incluído no final deste documento a lista de referências bibliográficas que embasaram os estudos e o desenvolvimento realizado, bem como os apêndices com o detalhamento dos protocolos de pesquisa e o resumo teórico de alguns dos métodos utilizados no desenvolvimento do aplicativo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Caracterizando o Termo Inovação

A competitividade e o desenvolvimento econômico sustentável de longo prazo para uma empresa, um grupo de empresas e extrapolando, para um país não é fruto apenas da combinação de forças produtivas e recursos, sejam eles materiais (máquinas, equipamentos e infraestrutura, por exemplo) e imateriais (conhecimento e recursos naturais). Para o desenvolvimento econômico a curto prazo, estes itens são importantes, contudo, para um desenvolvimento sustentável de longo prazo entra em cena a inovação, a perturbação do equilíbrio que altera e desloca para sempre o *status quo ante* da produção e ou do produto (KEKLIK, 2018; SCHUMPETER, 1984, 1997).

Para Deloitte (2015) ao longo das três primeiras revoluções industriais (1ª revolução no final do século XVIII; 2ª revolução no início do século XX; 3ª revolução no início da década de 70) foi fundamental a contribuição da inovação na competitividade das empresas e consequentemente da formação das riquezas dos países. Já na 4ª revolução industrial o desenvolvimento econômico sustentável entrou nos discursos dos principais atores do desenvolvimento capitalista, impactando na formulação das políticas públicas dos gestores e líderes.

Nesta nova fase da revolução industrial tornaram-se emergentes e fundamentais o papel do capital humano, da inovação, da resiliência e da agilidade, inclusive, elevou a um novo patamar de exigência a discussão do emprego de tecnologias como forma de auferir saltos econômicos sem negligenciar a elevação dos padrões de qualidade de vida e de proporcionar oportunidades aos demais membros da sociedade. Hoje os Estados são chamados a desenvolver políticas de inovação que alcancem todas as empresas, desenvolvendo o espírito empreendedor e adotando ações de disseminação da propriedade intelectual que suportem a geração de riqueza, empregos, a elevação dos padrões de qualidade de vida e preservação do meio ambiente (WEF, 2018).

A palavra “inovação” se popularizou nos diversos setores da economia e administração através do economista Joseph Schumpeter primeiramente em seu livro *The Theory of Economic Development* (1934) onde defende que a fonte primeira da atividade inovadora é a operação de pequenas e médias empresas em setores altamente competitivos, privilegiando a figura do empreendedor visionário, e depois, em seu livro *Capitalism, Socialism and Democracy* (1942) descreve um padrão de inovação que tem como sustentação grandes empresas operando em

mercados oligopolistas, destacando aqui os laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento e Inovação (P&D+I) como os principais motores da inovação (KEKLIK, 2018; TIDD; BESSANT; 2015).

A inovação é caracterizada como um processo que parte de uma ideia, passa pela concepção do projeto, pelo desenvolvimento do produto e finalmente atingindo o retorno pretendido que pode ser financeiro, econômico ou sócio ambiental. Ou seja, a inovação se materializa quando ocorre a utilização do produto, seja por meio da comercialização, mudança de know-how tecnológico, pelas melhorias incrementais em processos, em criação de oportunidade de negócios em novos mercados ou por proporcionar vantagem competitiva, por exemplo. De forma simples e direta pode-se afirmar que inovação é o processo de transformar ideias em realidade e lhes capturar o valor (TIDD; BESSANT, 2015).

Com relação ao impacto e grau da novidade envolvida no processo de “destruição criativa”, Schumpeter (1997) e Tidd; Bessant (2015) a subdividem em duas categorias: inovações incrementais que são aquelas que dão continuidade ao processo de mudança e evolução e; as inovações radicais que agregam rupturas mais intensas, que transformam, muitas das vezes de maneira definitiva, a forma como é visto ou usado produtos e impactando a própria base da sociedade. Conforme Manual de Oslo (OECD, 2005) lista-se os seguintes tipos de inovação: inovação de produto; inovação em processo; inovação organizacional e inovação de marketing.

Para Tidd; Bessant (2015) e Mason; Bishop; Robison (2009), o cenário atual está em favor daquelas organizações que conseguem mobilizar conhecimento e avanços tecnológicos e que conseguem pôr em prática a criatividade em suas ofertas de produtos/serviços e até nas formas em que as lançam no mercado. Nesses termos, a competitividade econômica de um país está intrinsecamente ligada a realidade do seu sistema de inovação, do envolvimento profícuo dos atores, da sua cadeia produtiva e da sua infraestrutura, ou seja, a realidade da base interna em que as empresas irão construir seus processos de produção, inovação e competitividade; (CASSIOLATO; LASTRES, 2017; PELAEZ et al., 2008).

## **2.2 Gestão da Inovação e a Competitividade Empresarial**

Julien (2017) e Furtado (2013) entendem que a consolidação das bases de uma economia nacional passa pela industrialização que auxilia na superação do subdesenvolvimento e incrementa competitividade econômica, industrial e empresarial de um país, além de demandar tecnologia de ponta, com proteção de propriedade intelectual, e a formação de mão de obra

qualificada e empreendedora. Furtado (2013) ainda acrescenta que nenhum sistema industrial capitalista pode existir sem mecanismos de coordenação, centros de decisão, capazes de prever e tratar as interferências do ambiente externo, de outras economias, como do ambiente interno, constituída por variáveis sociais, políticas e ambientais. Dessa forma, somente o desenvolvimento de capacidades produtivas e tecnológicas na atividade industrial permite elevar a capacidade de um país para competir no mercado internacional, ou seja, maximizar a competitividade das empresas nacionais no mercado globalizado (JULIEN, 2017; TERRA, 2012; BELDERBOS; DUVIVIER; WYNEN, 2009).

O cenário atual está em favor daquelas organizações que conseguem mobilizar conhecimento e avanços tecnológicos e pôr em prática a criatividade em suas ofertas de produtos/serviços e até nas formas em que as lançam no mercado. O crescimento econômico de um país e conseqüentemente sua competitividade e a competitividade das suas empresas nacionais não resulta de um olhar apenas de curto prazo, deve-se observar as tendências de longo prazo, internas e externas, a realidade do seu sistema de inovação, da sua cadeia produtiva e da sua infraestrutura, ou seja, a realidade da base interna em que as empresas irão construir seus processos de produção, inovação e competitividade. A forma de se conseguir a evolução necessária, a competitividade e o crescimento econômico sustentável é através do investimento em projetos de P&D+I, objetivando o alcance da inovação necessária e desejada baseada no conhecimento (CASSIOLATO; LASTRES, 2017; TIDD; BESSANT, 2015; TIDD; TERRA, 2012; BESSANT; PAVITT, 2008; PELAEZ et al., 2008).

Para se manter viva no mercado e ser competitiva, a empresa deve buscar o seu constante reposicionamento estratégico e para isso envolve duas atividades econômicas/estratégicas fundamentais: o da percepção/interpretação do ambiente e o da coordenação dos recursos internos e externos. Baseado nestas variáveis o empresário deverá tomar decisões acertadas a fim de inovar e se adaptar a um ambiente incerto e cambiante (AHLSTROM, 2017; TIDD; BESSANT, 2015; TERRA, 2012; BESSANT; TIDD, 2009; PELAEZ et al., 2008; BRIGHT; FRY; COOPERRIDER, 2006).

Conforme Tidd; Bessant (2015) e Terra (2012) a inovação eficiente e com o impacto planejado não acontece ao acaso, ela está estreitamente ligada a maneira como os atores fazem suas escolhas estratégicas, selecionam e gerenciam seus projetos de P&D+I, como mantêm a interação harmoniosa entre os atores. Ainda, como realizam o planejamento e controle do desembolso financeiro, gerenciam riscos e tratam os desafios e percalços naturais do processo, ou seja, é necessário estruturar um processo de gestão da inovação (TIDD; BESSANT, 2015;

TERRA, 2012; BES; KOTLER, 2011; RABECHINI JR.; MAXIMIANO; MARTINS, 2005; COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 2001, 1999).

Com relação ao processo de gestão para o desenvolvimento de novos produtos e o alcance da inovação, importantes trabalhos foram desenvolvidos. Destaca-se, entre outros, as contribuições de Tidd; Bessant (2015); Terra (2012); Bes; Kotler (2011), Bessant; Tidd (2009); Tidd; Bessant; Pavitt (2008), Cooper; Edgett (2008a, 2008b), Cooper (2008, 2006, 2001) e Kline; Rosenberg (1986), que propõem modelos para gestão da inovação e empreendedorismo através de estágios, delimitando a importância de cada um, identificando os diferentes desafios empresariais e o papel dos principais atores envolvidos. De forma geral, conforme Quadro 3, estes autores elencam os estágios tidos como principais do processo de gestão da inovação.

**Quadro 3 Principais Estágios do Processo de Gestão de Inovação.**

<b>Principais Estágios</b>	<b>Foco</b>	<b>Fontes/Autores</b>
<b>Estágio 1</b>	Procura, Captura de ideias ou demanda inicial/oportunidade	Tidd; Bessant (2015); Bes; Kotler (2011); Cooper; Edgett (2008b); Cooper (2006); Kline; Rosenberg (1986).
<b>Estágio 2</b>	Seleção das melhores demandas/ideias	
<b>Estágio 3</b>	Formulação do projeto	
<b>Estágio 4</b>	Seleção/Priorização de Projeto	
<b>Estágio 5</b>	Desenvolvimento/Implementação	
<b>Estágio 6</b>	Validação e testes	
<b>Estágio 7</b>	Captura de Valor, Implantação, comercialização ou transferência de tecnologia	

Fonte: Adaptado a partir das fontes citadas.

Um ponto de consenso entre os teóricos é o desafio em traduzir os investimentos em resultados. Para alcançar o sucesso planejado não basta ter equipe criativa e motivada, é necessário determinar objetivos, fixar estratégias, estabelecer recursos e nível de risco aceitável, definir responsáveis e principalmente possuir ferramentas gerenciais para condução do processo de desenvolvimento. Ou seja, a inovação precisa e deve ser gerenciada (TIDD; BESSANT, 2015; BROWN; LAMMING; BESSANT, 2013; TERRA, 2012; BES; KOTLER, 2011; KESTER et al., 2011; BESSANT; TIDD, 2009).

Conforme Bes; Kotler (2011), Bessant; Tidd (2009), Cooper (2008, 2006) e Kline; Rosenberg (1986), durante a execução dos estágios, é importante assegurar que o conceito original, a oportunidade que gerou a ideia, a necessidade do cliente seja mantida como foco e deve ser revisitado até o final da fase de desenvolvimento. É fundamental que se tenha uma visão clara e estável do que se deve alcançar, em que nível de maturidade a tecnologia se encontra e quais são os avanços necessários e que podem ser desenvolvidos. A conscientização da missão é um forte indicador de sucesso de projetos de P&D+I, cujo nível depende do estágio do projeto e do nível de maturidade que se está partindo (BESSANT; TIDD, 2009).

Tidd; Bessant (2015); Terra (2012); Bes; Kotler (2011) e Bessant; Tidd (2009) destacam que a compreensão da oportunidade envolve esforço sistemático para definir, construir ou formular um problema ou a ideia. As fontes devem ser diversas que incluem fornecedores, universidades, instituições de pesquisa/de tecnologia, outros usuários e produtores, associações comerciais, organizações internacionais etc. Já o processo de seleção das melhores ideias parece ser bastante simples e baseado em critérios objetivos. Contudo o processo de escolha estratégica, ou seja, quais dentre as possibilidades devem ser exploradas, uma vez que os recursos são limitados, é um grande desafio. Se uma ideia errada for a escolhida, talvez ocorra uma eliminação prematura, perde-se o jogo. O processo de ideação, definição de escopo do projeto, definição do escopo do produto, e construção de um modelo inicial de negócios talvez seja a parte mais crítica do processo e pode ditar o sucesso ou fracasso de um desenvolvimento (TIDD; BESSANT, 2015; TERRA, 2012; BESSANT; TIDD, 2009).

Critérios específicos podem ser criados para avaliar e desenvolver as opções promissoras, pode-se inclusive ter uma lista de critérios prioritários combinados antes que o desenvolvimento tenha início. Transformar uma ideia em inovação de sucesso não ocorre com pitadas generosas da sorte. Pelo contrário está ligado a um processo minimamente estruturado, regido pela criatividade e incentivo, e de maneira controlada. O processo pode ser amadurecido por tentativa e erro, mas também através da replicação adaptada das árduas experiências de sucesso dos outros pares (TIDD; BESSANT, 2015; TERRA, 2012; BESSANT; TIDD, 2009).

Conforme Tidd; Bessant (2015) e Terra (2012) o processo de desenvolvimento não trata apenas da questão de fazer gestão de projetos, equilibrando recursos e o tempo, mas de executá-lo sob condições de grande incerteza. Uma vez escolhida a opção a empresa precisa amadurecê-la em diversos estágios antes do seu lançamento. Este desenvolvimento por estágios diminuem e possibilitam o controle dos riscos. Para Liu; Subramanian; Hang (2020), Paun (2012; 2011), Tidd; Bessant (2015), Terra (2012) e Bessant; Tidd (2009), no processo de seleção é necessário ter habilidade para assegurar um bom ajuste entre necessidades internas e oferta externa.

Existem inúmeros produtos e ou serviços em desenvolvimento que buscam resolver um problema ou necessidade, contudo, ao serem colocadas diante da realidade, guardam pouca ou nenhuma semelhança com a ideia inicial ou não cumprem o objetivo proposto (BES; KOTLER, 2011). Ainda conforme Bes; Kotler (2011), as soluções técnicas propostas pelos desenvolvedores devem ser avaliadas pela razão e não pela emoção, aferindo o grau em que os benefícios e objetivos mínimos e básicos da ideia original foram mantidos e serão perseguidos na proposta do P&D+I. “É preciso ter clareza quanto ao resultado desejado, pelo menos em termos do que precisa ser feito para atender as necessidades dos clientes e ao tipo de inovação

que se deseja como resultado” (BESSANT; TIDD, 2009, p. 204). No gerenciamento da inovação é necessário repensar os modelos mentais, buscando assegurar que se está trabalhando com o máximo de informação disponível e de qualidade (LIU; SUBRAMANIAN; HANG, 2020; TERRA, 2012; AMARAL; SOUSA, 2011; AROUCK, 2011; BESSANT; TIDD, 2009; CALAZANS, 2008).

Em resumo, no Quadro 4 lista-se os problemas decorrentes de gestão inadequada no processo de inovação, principalmente nos estágios de captura de demandas/ideias e na de seleção de propostas de projetos, que levam a não tradução de uma ideia em um produto inovador com impacto econômico, financeiro e sócio ambiental.

**Quadro 4 Limitações ou Fraquezas e os Impactos.**

<b>Limitações ou Fraquezas</b>	<b>Impactos</b>	<b>Fontes/Autores</b>
<b>Processo inadequado, processo ainda a ser evoluído ou a falta de processo para seleção de ideias</b>	Captura de demandas/ideias desalinhadas com a estratégia ou cliente	Bes; Kotler (2011); Bessant; Tidd (2009); Cooper (2006).
<b>Processo inadequado ou processo ainda a ser evoluído para seleção de projetos</b>	Projetos selecionados que não buscam os benefícios e objetivos mínimos e básicos da demanda/ideia original ou necessidade do cliente; Risco de seleção de projetos irrelevantes e de pequeno ou nenhum impacto.	Bes; Kotler (2011); Bessant; Tidd (2009); Cooper; Edgett (2008b); Cooper (2006).
<b>Ausência de foco estratégico na composição dos projetos</b>	Altos índices de fracasso	Bessant; Tidd (2009); Cooper; Edgett (2008b); Cooper (2006)
<b>Crítérios de seleção fracos e/ou muito subjetivos</b>	Projetos selecionados à carteira devido interesses pessoais, políticos, emocionais entre outros.	Bessant; Tidd (2009)
<b>Crítérios de decisão fracos e/ou subjetivos no decorrer do desenvolvimento</b>	Desequilíbrio da carteira: Por exemplo, excesso de projetos medianos ou “Pão com Manteiga” e “Elefantes Brancos”.	Bessant; Tidd (2009); Cooper; Edgett (2008b); Cooper (2006).

Fonte: Adaptado a partir das fontes citadas.

Conforme as lições de Tidd; Bessant (2015) e Terra (2012) se não dedicar um tempo para refletir, analisar e aprender com o processo, mesmo interrompendo-o, corre-se o risco de cometer os mesmos erros, replicando-os no futuro. Dessa forma, é preciso inovar; mas é preciso também inovar no modo como se pensa a forma de organizar e gerenciar o processo. É sabido que existe excelentes opções de ferramentas e ou técnicas que ajudam os gestores e os profissionais no processo do desenvolvimento e gestão da inovação. O desafio é adaptá-las e utilizá-las para o contexto específico de cada empresa e suas redes de inovação (TIDD; BESSANT, 2015; BESSANT; TIDD, 2009).

### 2.3 Nível de Maturidade Tecnológica (*Technology Readiness Levels - TRL*)

Durante a etapa de levantamento do estado da arte foi identificado o uso dos termos “maturidade” e “prontidão” para a tradução do termo “*readiness*”. Da mesma forma que Azizian et al. (2011), será tratado os dois termos como sinônimos, desta forma os produtos e a redação deste trabalho adotarão como tradução do termo “*readiness*” no português como “maturidade”.

[...] Um TRL “descreve a maturidade de uma determinada tecnologia em relação ao seu ciclo de desenvolvimento [...] [...] a maturidade da tecnologia é descrita em termos de crescimento e compreensão. A noção de “maturidade” da tecnologia está encapsulada na noção de “prontidão” da tecnologia (AZIZIAN et al., 2011, p. 412, tradução nossa).

Conforme Mankins (2009b), a origem da discussão sobre nível de maturidade remonta ao fim dos anos 60, quando a Nasa sentiu a necessidade de aferir o *status* das tecnologias disponíveis no mercado para um possível uso nos seus programas espaciais. Naquele período o desenvolvimento de uma tecnologia se baseava na necessidade, ou seja, na substituição por obsolescência ou por falha da tecnologia. Exemplos do desenvolvimento tecnológico naquela época foram os programas espaciais Explorer e Apollo, onde os avanços ocorreram a fim de satisfazer os requisitos da evolução dos próprios programas e seus voos espaciais (SADIN; POVINELLI; ROSEN, 1989).

Conforme busca na base Scopus Elsevier o primeiro documento que traz o termo “*readiness levels*” remonta o ano de 1965. Trata-se de um artigo intitulado “*Conceptual spacecraft designs for the exploration of Jupiter*”, “Projetos conceituais de aeronaves para exploração de Júpiter” – tradução nossa, da empresa Space-General Corporation. Nele E. F. Lally apresenta uma nova abordagem para projetos conceituais de espaçonaves não tripuladas para exploração de Júpiter, cobrindo quatro gerações de aeronaves. Cada geração foi analisada e qualificada utilizando três níveis de prontidão ou conforme estipulado neste trabalho, por três níveis de maturidade: (1) estado da arte, (2) desenvolvimento avançado e (3) estudo conceitual (LALLY, 1965). Segundo Mankins (2002, 2009b), a expressão *technology readiness review*, revisão da maturidade tecnológica, começou a ser adotado no processo de revisão do avanço tecnológico para voos no ano de 1969, conforme um dos relatórios da Nasa emitidos naquele ano.

Conforme Sadin; Povinelli; Rosen (1989) e Mankins (2002, 2009b) os engenheiros e pesquisadores da Nasa sentiram a necessidade de evoluir a metodologia de avaliação do nível de maturidade como parte de um processo de avaliação de risco, apoiando a engenharia de sistemas no sentido de avaliar a evolução da maturidade de uma tecnologia durante o ciclo de vida de um projeto de P&D+I. Devido as necessidade latentes de poder fundamentar uma análise eficiente da maturidade das tecnologias o Departamento de Aeronáutica e Tecnologia Espacial da Nasa (*Nasa Office of Aeronautics and Space Technology - OAST*) evoluiu os estudos a fim de estabelecer uma escala independente para avaliar a maturidade de uma tecnologia específica e a comparação consistente da maturidade entre diferentes tipos de tecnologias (MANKINS, 2009b).

Segundo Nasa (1980) e Mankins (2009b), naquela oportunidade a OAST emitiu um primeiro documento buscando evoluir o processo de decisão para as futuras pesquisas, foi intitulado “Modelo de tecnologia de sistemas espaciais da Nasa” (*Nasa Space systems technology model*) revelando a importância de se prever as tendências tecnológicas e sua evolução no tempo. No volume I do “Modelo de tecnologia de sistemas espaciais da Nasa”, Parte C – Resumo dos requisitos de tecnologia (*Technology Requirements Summary*), observa-se na tabela Potência média consumida (*Average Power Consumed - kWe*) a coluna intitulada “Data de Maturidade da tecnologia” (*Technology Readiness Date*) o que demonstra que a expressão avaliação de maturidade progredia no dia a dia da Nasa (NASA, 1980).

Infelizmente em meados daquela década de 80 um evento seria o divisor de águas para a evolução e emprego definitivo do método de avaliação do nível de maturidade tecnológica (MANKINS, 2009b). Em 28 de janeiro de 1986 às 16:39:13 (UTC) ocorria o terrível acidente com o ônibus espacial Challenger, interrompendo o programa espacial da Nasa por um período aproximado de 32 meses até o novo lançamento do ônibus espacial Discovery em 29 de setembro de 1988. Para investigar as causas do acidente, foi instituída comissão presidencial (Comissão Rogers) que constatou falhas gerenciais de comunicação e como a causa raiz: defeito em um anel de vedação (Anel *O-ring*) utilizado na vedação de um dos foguetes (NASA, 2011; UNITED STATES, 1986).

Com relação ao defeito no anel de vedação, a comissão concluiu que houve falhas no controle de fabricação: falha no *design* da peça e a falta de testes no material a fim de verificar o atendimento de requisitos de variação de temperatura (NASA, 2011; UNITED STATES, 1986). Após a ocorrência deste acidente, onde foi constatado falhas no processo de desenvolvimento tecnológico e inserção de componentes imaturos ou com limitações técnicas, agravada pela nova política instaurada nos EUA de cortes de orçamento e da revisão da Política

Nacional Espacial, forçou a Nasa a reconstruir seu processo de desenvolvimento tecnológico emergindo assim a implementação e o uso da escala TRL (MANKINS, 2009b; NOLTE; BILBRO, 2008; SADIN; POVINELLI; ROSEN, 1989).

A escala TRL foi idealizada em 1984 pelo pesquisador Stan Sadin (NASA, 2010) especificamente para uso interno da OAST, entrando em uso em 1989 (SADIN; POVINELLI; ROSEN, 1989). Inicialmente com sete níveis, segundo Mankins (2009b), a escala TRL foi concebida também como um esforço de conscientizar todo o público envolvido, engenheiros da Nasa, pesquisadores e gerentes de pesquisa, sobre a necessidade de adotarem uma métrica independente, sistemática e fundamentada em critérios para avaliação de produtos e projetos tecnológicos durante os estágios de investimento (MANKINS, 2009b; NOLTE; KENNEDY; DZIEGIEL, 2003). Segundo Sadin; Povinelli; Rosen (1989) a primeira escala variava do nível mais baixo TRL 1 onde os princípios básicos foram observados e relatados, até o nível TRL 7, o mais alto a época, em que a tecnologia teria sido validada em um sistema no espaço. Abaixo no Quadro 5 apresentamos a primeira escala TRL conforme Sadin; Povinelli; Rosen (1989).

**Quadro 5 Níveis e descrições TRL segundo Sadin; Povinelli; Rosen (1989).**

<b>Nível TRL</b>	<b>Descrição</b>
<b>1</b>	Princípios básicos observados e reportados
<b>2</b>	Aplicação potencial validada
<b>3</b>	Prova de conceito demonstrada, analiticamente e/ou experimentalmente
<b>4</b>	Componente e/ou placa de ensaio validado em laboratório
<b>5</b>	Componente e/ou placa de ensaio validado em ambiente espacial – real ou simulado
<b>6</b>	Sistema adequado validado em ambiente simulado
<b>7</b>	Sistema adequado validado no espaço

Fonte: Adaptado de Sadin; Povinelli; Rosen (1989).

Após as primeiras utilizações, a escala TRL foi aprimorada com a inserção de mais dois níveis, finalizando o seu formato com nove níveis de maturidade caracterizados especificamente para o uso aeroespacial (BANKE, 2017; MANKINS, 2009a, 2009b, 1995). A evolução da escala com a inserção de mais dois níveis ocorreu após o anúncio da nova “Iniciativa de Exploração Espacial” (SEI) em julho de 1989 devido à necessidade de comunicar o status da maturidade das tecnologias e a realização de previsões de desenvolvimento entre a comunidade de pesquisa e a comunidade de planejamento de missão de exploração (MANKINS, 2009b). Mankins (2009b) afirmou que a escala TRL não surgiu rapidamente, ela evoluiu ao longo de várias décadas.

Tal método foi desenvolvido e aprimorado pela NASA após sua preocupação em identificar o grau de maturidade das tecnologias planejadas para compra e uso nas missões aeroespaciais, ou seja, no programa espacial americano, notadamente caracterizado pela complexidade, por envolver elevados valores financeiros, mas com necessidade intrínseca de controle de risco em alto nível. O objetivo final foi de aferir o grau final de maturidade tecnológica alcançada pela tecnologia candidata à compra ou a ser desenvolvida, grau este calculado através de critérios, parâmetros e evidências do estado da técnica alcançada ou a ser alcançada pela solução (NASA, 2010; MANKINS, 2009b). No Quadro 6 abaixo apresenta-se a escala com os nove níveis proposta por Mankins (1995).

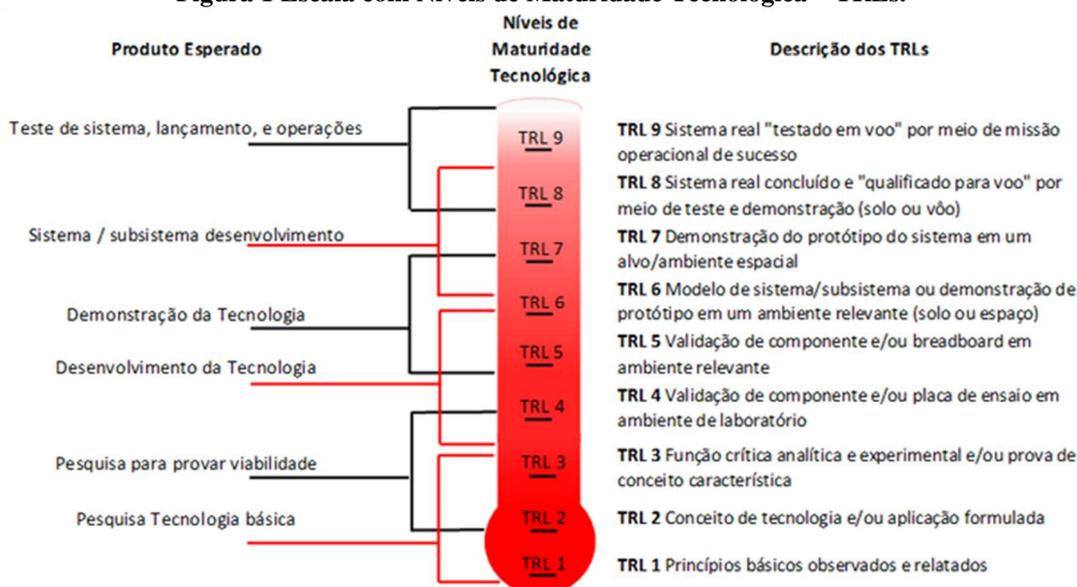
**Quadro 6 Níveis e descrições TRL segundo Mankins (1995).**

<b>Nível TRL</b>	<b>Descrição</b>
<b>1</b>	Princípios básicos observados e relatados
<b>2</b>	Conceito de tecnologia e/ou aplicação formulada
<b>3</b>	Função crítica analítica e experimental e/ou prova de conceito característica
<b>4</b>	Validação de componente e/ou placa de ensaio em ambiente de laboratório
<b>5</b>	Validação de componente e/ou placa de ensaio no ambiente relevante
<b>6</b>	Modelo de sistema/subsistema ou demonstração de protótipo em ambiente relevante (solo ou espaço)
<b>7</b>	Demonstração do protótipo do sistema em um ambiente espacial
<b>8</b>	Sistema real concluído e “qualificado para voo” por meio de teste e demonstração (solo ou espaço)
<b>9</b>	Sistema real “comprovado em voo” por meio de operações de missão bem-sucedidas

Fonte: Adaptado de Mankins (1995).

Conforme Nasa (2007) no documento “*NASA Systems Engineering handbook*”, onde temos algumas sutis atualizações nas descrições dos TRLs proposto originalmente por Mankins (1995), Figura 1, demonstra-se visualmente a escala TRL no formato de um termômetro, onde a variação ocorre do mais baixo nível, TRL 1, ao seu maior valor TR 9. A medida que a escala sobe, obtemos maior nível de maturidade tecnológica, ou seja, diminui-se as incertezas no processo de desenvolvimento (gradação mais fraca do vermelho no termômetro), atrelado a isso os riscos inerentes ao processo de desenvolvimento tecnológico vão decrescendo.

**Figura 1 Escala com Níveis de Maturidade Tecnológica – TRLs.**



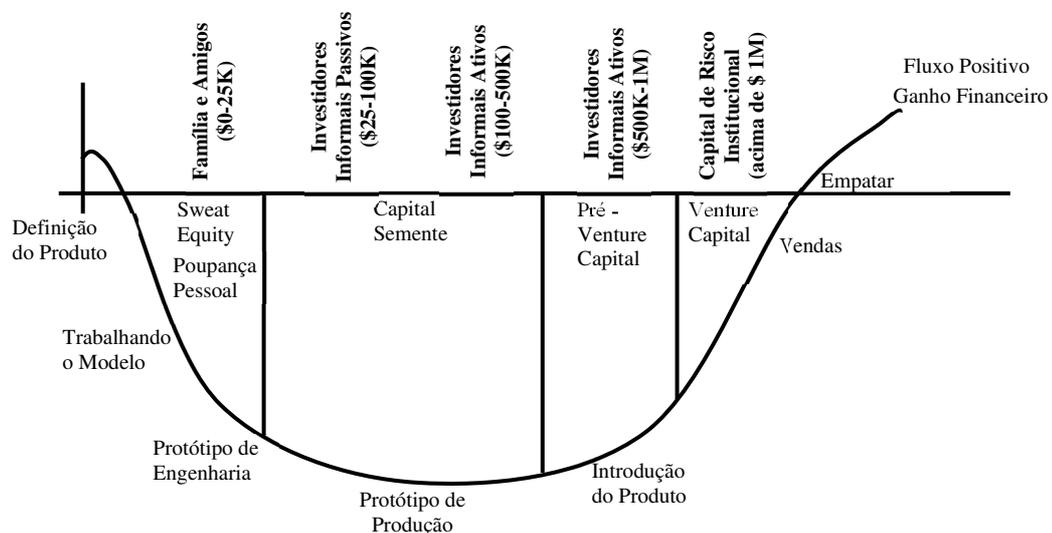
Fonte: Adaptado de Nasa (2007).

Do lado direito da Figura 1 observamos as descrições das TRLs e no lado esquerdo os produtos esperados após a conclusão do desenvolvimento realizado entre os níveis de maturidade. De acordo com Nasa (2007) o processo de desenvolvimento a ser auferido através do método TRL acontece de forma continuada e de forma entrelaçada (ver lado esquerdo da Figura 1), ou seja, a aplicação do método e aferição do nível da maturidade tecnológica deve ser revisitado durante o todo o ciclo de desenvolvimento, principalmente na ocorrência de mudanças de escopo, das condições envolvidas e/ou das características técnicas.

A direita observa-se que nos primeiros níveis de maturidade temos o desenvolvimento e o amadurecimento da pesquisa científica chegando no TRL 3 com o produto final em nível de Prova de Conceito / Função Crítica e/ou Experimental. Já no final da escala temos a consolidação do produto final, seus testes no ambiente final de operação e no seu último nível TRL 9 o produto devidamente implantado em nível operacional no ambiente ao qual se destinava (NASA, 2007). Neste contexto, no meio da escala, ou seja, entre o nível TRL 4 e 6, estaríamos na fronteira entre o conhecimento científico e o cliente final da tecnologia, o que a literatura chama de “vale da morte” (XAVIER, 2018; COMSTOCK; SCHERBENSKI, 2008). Esta representa a grande lacuna entre o desenvolvimento científico (baseado em conhecimento) e a transferência da tecnologia (implantação do resultado e/ou comercialização de um novo produto) (BEARD et al., 2009; GULBRANDSEN, 2009; UNITED STATES, 2000; FRANK et al., 1996).

Segundo United States (2000) e Frank et al. (1996) o termo “Vale da Morte” é um conceito usado para se referir a situação em que uma tecnologia não consegue chegar ao mercado devido à incapacidade de avanço do estágio de demonstração da tecnologia para os estágios finais para sua comercialização. Ou seja, ele ocorre quando o desenvolvedor gasta todos seus recursos iniciais (podendo ser de original pessoal, de familiares ou de fundos do governo) e demonstra com sucesso a eficácia da tecnologia, no entanto não consegue evoluir, pois não consegue financiamento para produzir o protótipo final em escala comercial. Por parte do governo não se prossegue com o investimento, pois este considera a tecnologia já em nível de “aplicação prática” uma vez que seu objetivo é alavancar projetos em nível de pesquisa básica, por outro lado as empresas privadas não querem investir seu capital porque a tecnologia ainda não foi implementada em nível satisfatório diminuindo o risco de insucesso (UNITED STATES, 2000; FRANK et al., 1996). Conforme United States (2000), para fazer frente a este desafio e a não ocorrência do “vale da morte” entra no cenário os investimentos com capital de risco - Capital Semente e Venture Capital demonstrado visualmente na Figura 2 a seguir.

**Figura 2 O Vale da Morte da Inovação.**



Fonte: Adaptado de United States (2000) e Frank et al. (1996).

Especificamente olhando o processo de transferência de tecnologia ao cliente/mercado, dentre as atividades uma das principais é o da valoração tecnológica onde deve ser levado em consideração o nível de risco e o investimento realizado durante o processo de desenvolvimento, variáveis que variam de acordo com o nível de maturidade tecnológico (QUINTELLA et al., 2019, BES; KOTLER, 2011). A seguir é apresentado as características de

cada TRL, e conforme Mankins (2009b), o investimento, as incertezas/riscos nos projetos de P&D+I variam nos nove níveis TRL.

No início da escala, TRL 1, o investimento varia conforme a área de pesquisa, ou seja, depende da especificidade tecnológica a ser pesquisada e desenvolvida, podendo ser muito baixos a muito altos. Conforme a escala, este nível é caracterizado por pesquisas de cunho científico e tem como resultado a geração de novos conhecimentos sobre o tema estudado elencando e identificando as hipóteses para novos estudos em nível de pesquisa aplicada (MANKINS, 2009b, 2002, 1995). No nível TRL 2 temos o foco da pesquisa na busca de provar a viabilidade técnica dos resultados alcançados no TRL 1 utilizando experimentos práticos. Para Mankins (2009b) os custos no TRL 2 ainda são baixos quando comparado com os custos dos próximos níveis, no entanto, da mesma forma que os custos no TRL 1, eles costumam ser específicos e atrelados ao objeto de pesquisa. Em ambos os níveis TR 1 e 2 o nível de risco atrelado ao processo da pesquisa é alto devido ao grau de incertezas existentes no processo.

No TRL 3 ocorre o avanço tecnológico em termos de pesquisa científica. Neste nível alcança-se a prova do conceito, ou seja, ocorre a validação analítica ou experimental dos resultados e previsões trazidas à tona nos TRL 1 e 2 atestando a validade e coerência (MANKINS, 2009b, 2002, 1995). Para Mankins (2009b), da mesma forma que os níveis TRL 1 e 2, os investimentos no TRL 3 são relativamente baixos tendendo a moderados quando comparados aos investimentos nos próximos níveis, representando uma pequena fração destes. Ainda, o investimento neste nível também está intrinsecamente ligado a natureza da pesquisa científica, podendo variar de acordo com a área de pesquisa. Conforme Mankins (2009b), geralmente as pesquisas em TRL 1, 2 e 3 são realizadas em instituições públicas e privadas de pesquisa e geralmente são custeados pelo governo. As instituições de financiamento de risco geralmente não as financiam devido ao alto risco e o nível de incertezas associadas aos respectivos níveis de maturidade (MANKINS, 2009b).

No nível TRL 4 após a prova de conceito e a definição das funções críticas, busca-se o desenvolvimento e a integração dos elementos básicos da tecnologia com desenvolvimento da tecnologia em nível baixo de fidelidade (MANKINS, 2009b, 2002, 1995). Com relação ao investimento Mankins (2009b) informa que pode ser considerado de natureza moderada, mas ainda perfazem uma fração do investimento dos níveis subsequentes de avanço no nível de maturidade tecnológica. Segundo o autor, o investimento neste nível pode chegar a três vezes mais que os do TRL 3. Neste nível pode ocorrer patrocínio de fontes de financiamento de risco, contudo, geralmente os investimentos e os riscos são compartilhados com instituições públicas

e privadas de pesquisa em parceria com empresas/fabricantes interessadas na tecnologia, podendo ainda incluir a participação do governo com linhas de fomento (MANKINS, 2009b).

Com a transição para o TRL 5, o nível de testes de validação dos requisitos e critérios das funções críticas da tecnologia são mais rigorosos e busca-se a realização dos testes em ambiente simulado tendendo a realidade a qual se destina, ou seja, começa aqui o envolvimento do cliente final (MANKINS, 2009b, 2002, 1995). Neste caso, o investimento pode variar do moderado a alto e tendem a especificidade da pesquisa e da tecnologia desenvolvida, podendo chegar a ser o dobro ou até maior que isso com relação aos investimentos realizados no TRL 4 (MANKINS, 2009b). Contudo, da mesma forma que o TRL 3 e 4, poderão ser custeados por linhas de fomento específicas do governo, todavia deve-se buscar parceria com empresas/fabricantes que tenham interesse na tecnologia e também a participação de fontes de financiamento de risco evitando a descontinuidade do desenvolvimento tecnológico, o “vale da morte”(MANKINS, 2009b, UNITED STATES, 2000; FRANK et al., 1996).

No TRL 6, o nível de maturidade do produto chega à escala de engenharia, ou seja, o produto tecnológico já tem forma mais aderente a sua realidade final e deve passar por testes práticos e operacionais em ambiente relevante desempenhando todas as funções críticas que serão exigidas em ambiente operacional real (MANKINS, 2009b, 2002, 1995). O investimento nesta fase é considerado alto e tendem a ser específico a realidade tecnológica e de demonstração, no entanto são menores que no TRL 7. Naturalmente, neste nível é necessário o envolvimento de empresas/fabricantes interessados na tecnologia, os quais irão participar diretamente dos investimentos e também de fundos de investimento de risco, contudo pode ocorrer a participação do governo (linhas de fomento específicas). Neste nível o risco ainda é existente, no entanto muito menor que nos níveis de maturidade anteriores (MANKINS, 2009b).

Avançando ao TRL 7 temos como resultado protótipo considerado como cabeça de série o qual possui as características técnicas para testes de aceitação no ambiente operacional de destino. Neste nível busca-se assegurar a confiabilidade do atendimento aos requisitos técnicos e operacionais definidos pela equipe de desenvolvimento e de engenharia (MANKINS, 2009b, 2002, 1995). O investimento neste nível geralmente são muito altos e podem representar duas ou mais vezes o custo do TRL 6 (MANKINS, 2009b). Da mesma forma que o TRL 6, o investimento neste nível geralmente vem por meio de parceiros com empresas/fabricantes interessados na tecnologia, por fundos de investimentos de risco, podendo ocorrer a participação do governo através de linhas de fomento específicas. O nível de risco é decrescente acompanhando o processo evolutivo do desenvolvimento (MANKINS, 2009b).

No TRL 8 alcança-se o produto tecnológico em nível real, totalmente validado, certificado e qualificado, atendendo todos os requisitos funcionais determinados nas demais fases de desenvolvimento. Os últimos testes e ajustes são realizados em ambiente operacional real (MANKINS, 2009b, 2002, 1995). Conforme Mankins (2009b), o investimento para alcançar este nível de maturidade podem representar de 5 a 10 vezes a combinação do que foi investido nos níveis anteriores, ou seja, geralmente são muito altos. Comparando com o TRL 6, Mankins (2009b) identifica que o investimento no TRL 8 pode chegar a ser maiores de duas ou mais vezes a depender da área tecnológica. Necessariamente neste nível sempre haverá patrocínio das empresas/fabricantes e/ou do governo interessado na tecnologia, bem como na participação de fundos de investimento de risco. Considera-se que os riscos e incertezas são conhecidos e menores do que os níveis anteriores acompanhando o processo de maturidade do desenvolvimento tecnológico.

O último nível TRL 9 caracteriza-se como o último estágio de evolução da tecnologia, neste pode-se inclusive corrigir pequenos “bugs”, no entanto a diferenciação com o TRL 8 é o teste final no ambiente final de operação real sem nenhum novo desenvolvimento a ser realizado (MANKINS, 2009b, 2002, 1995). Os investimentos neste nível geralmente são altos, mas estão atrelados a natureza específica dos testes de uso específico no ambiente real a qual se destina, contudo são essencialmente menores que o do TRL 8 (MANKINS, 2009b). Da mesma forma que o TRL 8, neste nível sempre haverá patrocínio das empresas/fabricantes e/ou do governo interessado na tecnologia, bem como na participação de fundos de investimento de risco (MANKINS, 2009b).

Conforme explanado por Mankins (2009b, 2002), os custos de investimento no processo de desenvolvimento variam em cada nível de maturidade tecnológica, mesmo com a diminuição dos riscos e das incertezas característicos de um processo de desenvolvimento e amadurecimento tecnológico nos diversos níveis. Isso se deve aos níveis de investimento diferenciados que são demandados para que se cumpra os requisitos e premissas determinados em cada TRL buscando sempre manter o cronograma planejado. Ainda, o planejamento do investimento está atrelado ao amadurecimento do *design* final do produto tecnológico, bem como ao processo de qualificação de desempenho, das certificações e testes operacionais em ambiente relevante e em ambiente real de operação, passos que antecedem o lançamento do produto no mercado final ou no ambiente final de operação (MANKINS, 2009b; 2002).

Com o emprego do método TRL, a NASA minimizou falhas, atrasos de cronograma e diminuiu a níveis confortáveis os riscos de inserção de produtos nos ambientes altamente estratégicos do programa espacial americano, bem como maximizou a interação entre os atores

que trabalham com o desenvolvimento tecnológico, uma vez que as avaliações do nível de maturidade de tecnologias é feito à “quatro mãos” com os diversos atores e com diferentes expertises (NASA, 2010; SAUSER, 2010; MANKINS, 2009b; NRC, 1993). Os *Stakeholders* da NASA ao longo do uso do método reconheceram a sua importância estabelecendo-o como um dos critérios determinantes no processo de tomada de decisão durante o desenvolvimento das inovações tecnológicas aeroespaciais (NASA, 2010).

Especialistas americanos relataram que o emprego da TRL para amadurecer as tecnologias, antes de adotarem nos processos ou novos produtos, implica em uma redução de 31% dos custos finais e antecipação em seis meses na finalização do desenvolvimento e a consequente produção (MANDELBAUM, 2007). Mankins (2009b) e NRC (1993) ainda concluíram que, além de sua finalidade inicialmente proposta (nível da maturidade tecnológica), pode-se também potencializar de forma eficaz a comunicação entre os diversos atores, dentro e fora da Nasa. No estudo realizado por Graettinger et al. (2002) foi reportado que o emprego do método TRL evidenciou aos especialistas em torno de 30% de fatores aos quais eles precisam prestar atenção ao fazer processos seletivos de tecnologia, servindo como medida de redução de riscos.

Outra importante evidência da importância da adoção do método TRL no processo de desenvolvimento tecnológico, foi a conclusão que a Controladoria Geral dos Estados Unidos (*U.S. Government Accountability Office – GAO*) chegou após analisar os investimentos do Departamento de Defesa dos Estados Unidos (*Department of Defense - DOD*). GAO emitiu importante relatório que reportou a análise sobre o desenvolvimento de vinte e três (23) tecnologias realizado pelo DOD em parceria com empresas comerciais. Nos relatórios GAO apontou problemas que aumentaram os custos finais do desenvolvimento, prazos e levaram o desempenho dos produtos tecnológicos aquém do esperado e que, estes problemas estavam ligados a maturidade das tecnologias e na manufatura dos fornecedores (AZIZIAN et al., 2011). GAO recomendou ao DOD que, a fim de diminuir os riscos excessivos dos investimentos em projetos e tecnologias imaturas, de possibilitar a administração dos prazos das evoluções tecnológicas e consequentemente do desempenho dos produtos, adota-se nova forma de gestão com o objetivo de avaliar a evolução do nível de maturidade durante os estágios de desenvolvimento. GAO recomendou o uso do método TRL desenvolvido pela Nasa ou que DOD o adapta-se buscando utilizar a metodologia em seu processo de tomada de decisão (UNITED STATES, 1999).

Em United States (1999, p. 2), GAO afirmou que “amadurecer uma nova tecnologia antes de ser incluída nos produtos é um dos principais determinantes do sucesso das empresas.” Como

importantes aspectos identificados na avaliação, GAO informa que o uso do método TRL revela a ocorrência de lacunas entre a maturidade de uma tecnologia e os requisitos do produto pretendido e quando estas são tratadas, o êxito da entrega do produto ocorre dentro do prazo e dentro dos custos (UNITED STATES, 1999). Ainda, GAO observou que, com o suporte da metodologia, os gerentes poderiam proteger o desenvolvimento dos produtos de riscos tecnológicos indevidos, e desta forma, possibilitava a tomada de decisão de aguardar a evolução da maturidade das tecnologias para poderem incorporar aos processos e produtos (UNITED STATES, 1999). Adicionalmente, dentro das boas práticas e recomendações, conforme United States (1999), a GAO entende que para se avançar na inclusão de novas tecnologias desenvolvidas em novos sistemas, ou seja, a incorporação de novas tecnologias a novos processos ou sistemas em desenvolvimento, a tecnologia deve ter alcançado no mínimo a TRL 7, onde se teria alcançado um nível de risco aceitável.

Em 2007, buscando aferir as evoluções nos processos do DOD após as primeiras recomendações, foi instaurado novo processo de avaliação agora em sessenta e dois (62) sistemas de armamentos. GAO apontou que, os programas que começaram o desenvolvimento com tecnologias imaturas tiveram um aumento do custo final de 32,3%, enquanto aqueles que começaram com tecnologias maduras os custos aumentaram apenas 2,6%, ou seja, constatou que a utilização de métodos de gestão aferindo o nível de maturidade tecnológica durante o processo de desenvolvimento diminui sensivelmente a elevação dos custos além do planejado, pois necessariamente pode-se controlar melhor riscos e cronograma atrelados ao processo (UNITED STATES, 2007). Conforme relatado por GAO, DOD passou a utilizar o método TRL da Nasa (AZIZIAN et al., 2009), no entanto o adaptou para se adequar aos seus programas de desenvolvimento de armamentos e defesa (UNITED STATES, 2005). No ano 2000, o DOD, difundiu o uso do método TRL da NASA como critério para tomada de decisões em seus numerosos programas de aquisição de tecnologias em diversos níveis de maturidade (JIE; ZHAOFENG; KUI, 2011; AZIZIAN et al., 2009).

#### **2.4 Disseminação do Método TRL e o Uso por Organizações Públicas e Privadas**

Ao longo da maturidade do método e dos seus resultados proporcionados de forma significativa, os TRLs foram disseminados, primeiramente entre as instituições governamentais e públicas norte americanas, em seguida entre as instituições privadas de ensino e pesquisa e conseqüentemente foi além das fronteiras americanas. Cita-se como exemplo de rápida absorção da metodologia, o seu emprego na Força Aérea Americana através do seu Laboratório

de pesquisa, *Air Force Research Laboratory* (AFRL). Em 1999, através de William Nolte, a AFRL desenvolveu o primeiro aplicativo intitulado AFRL TRL Calculator versão 1.12, este aplicativo traduziu de forma prática o método desenvolvido possibilitando de forma simplificada, dotada de critérios objetivos, aferição com ótimo grau de precisão o nível de maturidade das tecnologias e propostas de projetos (NOLTE; BILBRO, 2008; NOLTE; KENNEDY; DZIEGIEL, 2003; GRAETTINGER et al., 2002). Com relação ao nível de risco atrelado ao de maturidade, diferentemente do GAO, o AFRL considera o TRL 6 como o nível mínimo para um risco aceitável (UNITED STATES, 1999). Conforme United States (1999), esta orientação de nível mínimo (TRL 7 ou TRL 6) adotado pelo GAO e AFRL se justifica devido as empresas comerciais entenderem que é o nível aceitável para começar a fabricar o produto final.

Devido os grandes e importantes resultados auferidos pelos Estados Unidos, no início deste século, a TRL passou a ser adotada por outras agências espaciais ao redor do mundo. Japão, França e posteriormente pela Agência Espacial Europeia passou a adaptar a TRL originalmente proposta pela Nasa (MANKINS, 2009b). O surgimento de versões adaptadas do TRL, como o da Agência Espacial Europeia (ESA, 2008), incentivou a *International Organization for Standardization* (ISO) a elaborar a padronização de seus conceitos e definições. O Quadro 7 mostra as descrições de cada nível TRL segundo a ISO 16290:2013 (ISO, 2013).

**Quadro 7 Níveis e descrições TRL segundo ISO 16290:2013.**

Nível TRL	Descrição
1	Princípios básicos observados e reportados
2	Conceitos da tecnologia e ou aplicação formulados
3	Funções críticas experimentais e analíticas e/ou características de prova de conceito
4	Verificação funcional de componente e/ou teste de protótipo de bancada em ambiente de laboratório
5	Verificação crítica de função de componente e/ou teste de protótipo em um ambiente relevante
6	Modelo demonstrando as funções críticas em um ambiente relevante
7	Modelo demonstrando o desempenho em ambiente operacional
8	Sistema real concluído e aceito para voo (“qualificado para voo”)
9	Sistema real “provado em voo” através de missões bem sucedidas

Fonte: Adaptado de ISO (2013).

A adesão das instituições americanas e internacionais ao método foi tão positiva que ocorreram diversas adaptações levando o método a aferir o nível de maturidade a outras esferas. Conforme NOLTE (2011), além de se difundir nos Estados Unidos em pelo menos doze (12) setores diferentes, o método teve cinquenta e oito (58) adaptações para aferir o nível de maturidade em diversas finalidades. O surgimento de sistemas e produtos tecnológicos cada

vez mais complexos exigiu o desenvolvimento de métricas mais dinâmicas para avaliar a maturidade e a prontidão dos sistemas e suas diversas tecnologias (SAUSER, 2010).

De fato, observando a escalada do uso da TRL a nível internacional e da importância para nossas instituições de pesquisa, empresas e órgãos governamentais brasileiros que promovem o desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação, como por exemplo a Agência Espacial Brasileira (AEB), levou a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a traduzir a ISO 16290:2013 editando a NBR ISO 16290:2015. Para a elaboração a ABNT contou com Comissão de Estudo de Gerenciamento de Programas Espaciais e Qualidade, integrante do Comitê Brasileiro de Aeronáutica e Espaço (ABNT, 2015).

Segundo a NBR ISO 16290:2015 (ABNT, 2015, p. vi), TRLs são utilizados para “quantificar o *status* de maturidade tecnológica de um elemento a ser usado em uma missão”. Utiliza-se o termo missão, pois a norma foi traduzida de forma literal da ISO 16290:2013 originalmente criada para aplicações aeroespaciais. Ainda segundo a norma técnica, a TRL pode ser utilizada para os seguintes objetivos, mas não se limitando a eles:

- a) Para monitoramento inicial do desenvolvimento de tecnologias básicas ou específicas a serviço de uma dada missão futura ou uma família de missões futuras;
- b) Para fornecer um *status* da maturidade técnica de um projeto futuro, como contribuição para o processo de decisão da execução do projeto;
- c) Em alguns casos, para monitorar o progresso de uma tecnologia durante seu desenvolvimento (ABNT, 2015, p. vi).

A ABNT (2015, p. 5) ainda lista algumas generalidades a serem observadas pelos usuários:

- Uma avaliação de TRL é válida para um dado elemento em um dado instante de tempo. Ela pode evoluir se as condições que prevaleciam naquele momento da avaliação não forem mais válidas (ABNT, 2015, p. 5).
- O tempo ou esforço para mover-se de um TRL para outro depende da tecnologia e não está linearmente conectado com a escala de TRL. A experiência mostra que eles podem variar largamente, dependendo do elemento e da missão em consideração (ABNT, 2015, p. 5).
- Portanto, enquanto a escala de TRL é uma ferramenta apropriada para avaliar o *status* de maturidade tecnológica em um dado instante de tempo, ela não dá qualquer indicação do esforço e do custo a ser despendido para atingir o próximo nível. (ABNT, 2015, p. 5).

Das recomendações da ABNT (2015) destaca-se que, a avaliação do nível de maturidade tecnológica é temporal, ou seja, retrata o momento o qual foi realizado a avaliação e ainda

destaca que, caso ocorra modificações nas condições da tecnologia que prevaleciam no momento da avaliação, recomenda-se que o processo de aferição do nível de maturidade seja refeito (ABNT, 2015; NASA, 2007). Ainda, conforme ABNT (2015) o método não indica o nível de esforço ou de recursos financeiros para que o desenvolvimento tecnológico alcance níveis de maturidade mais elevados que o nível atual aferido, no entanto ele apoia diretamente o processo de monitoramento tecnológico, na identificação do nível da maturidade técnica de um projeto e também possibilita o monitoramento do progresso do nível de maturidade de um desenvolvimento tecnológico, no processo de tomada de decisão, no gerenciamento de riscos e de cronograma, utilizando para isto a avaliação em cada fase de desenvolvimento (ABNT, 2015; NASA, 2010; SAUSER, 2010; MANKINS, 2009b; UNITED STATES, 2007; MANDELBAUM, 2007; NOLTE; KENNEDY; DZIEGIEL, 2003; UNITED STATES, 1999; NASA, 1991a).

Um ponto que merece destaque na NBR ISO 16290:2015 é a seguinte orientação: “O procedimento detalhado para a avaliação do TRL deve ser definido pela organização ou instituto competente responsável pela atividade” (ABNT, 2015, p. vi), ou seja, a norma informa que os procedimentos e ou metodologia detalhada para enquadramento da tecnologia nas TRLs devem ser elaborados pela organização. De fato, o que se observa na NBR ISO 16290:2015 e na ISO 16290:2013, é uma lista dos tipos de TRL e a descrição básica de cada marco, apresentando exemplos relacionados com aplicações aeroespaciais. Ambos os conteúdos demonstram certa subjetividade como comprovado por Rocha; Melo; Ribeiro (2017) precisando ser elaborado método com critérios calçados em evidências para sua aplicação.

No Brasil, uma das primeiras instituições a usar a TRL em seus processos de compras e desenvolvimento foi o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE conforme relatado em documento datado em 26.03.2008 (INPE, 2008). Também observa-se o uso da TRL pela Embraer e pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) no Laboratório de Automação da Manufatura do Centro de Competência em Manufatura (LAM / CCM) e na unidade ITA-EMBRAPII de Manufatura Aeronáutica, pelo Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE). Ainda identifica-se o uso pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), pelas unidades da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII), na Embrapa Agroenergia, na Petrobras, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pelo Parque Tecnológico de Itaipu (PTI) (PETROBRAS; SEBRAE, 2020; FINEP, 2020; EMBRAPII, 2020; BRASIL, 2020; OTTO et al., 2019; BRASIL, 2018; ROCHA; MELO; RIBEIRO, 2017; CAPDEVILLE; ALVES; BRASIL, 2017; ITA, 2015).

O Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) adaptaram aplicativo intitulado “CALCULADORA TRL IAE/ITA-2016-1” para avaliação dos projetos e resultados desenvolvidos pelas duas instituições. Estas instituições adaptaram a ferramenta desenvolvida por Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003) para a *Air Force Research Laboratory* (AFRL). Já o INPI utilizou dentro da segunda fase de um projeto piloto de aceleração do exame de pedidos de patentes o conceito TRL. O objetivo foi priorizar os exames de pedidos de patentes solicitadas pelas Instituições de Ciência, Tecnologia e de Inovação (ICTs) através do enquadramento da tecnologia objeto do pedido da patente em um nível mínimo de TRL. Neste caso, o INPI sinalizou como mínimo o TRL 4 como sendo o nível aceitável de maturidade onde a tecnologia estaria validada em ambiente de laboratório, buscando neste caso, elevar a probabilidade do atendimento dos requisitos da Lei nº 9.279/1996 (BRASIL, 2018).

FINEP e EMBRAPII utilizam a TRL como premissa de enquadramento mínimo para os tipos de projetos a serem submetidos em seus editais, sendo FINEP TRL entre 4 e 7 e EMBRAPII entre 3 e 6 (FINEP, 2020; EMBRAPII, 2020), ou seja, na visão das duas instituições que são braços do Governo Federal é necessário investir em projetos e suas tecnologias que podem estar entrando no “vale da morte” e precisam do aporte financeiro para galgar níveis de maturidade para entrada no mercado. A Petrobras também utilizou recentemente o TRL como um dos critérios de avaliação no recebimento de propostas de projetos de P&D+I. De acordo com o Edital o grau da pontuação possível durante a avaliação das propostas estava atrelado ao nível TRL declarado e comprovado pela instituição no ato da submissão (PETROBRAS, 2020).

O CNPq foi outra instituição governamental que recentemente passou a utilizar TRL para aferir o nível de maturidade de propostas de projetos submetidas em seus editais. Observa-se na Chamada Pública nº 02/2020 de Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora – DT que no formulário de submissão de propostas passou a existir item a ser preenchido buscando a descrição do nível de maturidade tecnológica atual da proposta (BRASIL, 2020). O PTI também passou a utilizar o método TRL como ferramenta de análise de seus projetos de pesquisa no Laboratório de Automação e Simulação de Sistemas Elétricos (LASSE). De acordo com o PTI no seguimento da gestão, a adoção da TRL é imprescindível para o sucesso de uma empresa de base tecnológica, principalmente no cumprimento das demandas dentro dos prazos estabelecidos, garantindo a qualidade dos serviços prestados e produtos ofertados aos seus clientes (OTTO et al., 2019). Ainda conforme Otto et al.(2019), o método TRL possibilita uma melhor classificação e enquadramento dos projetos de pesquisa

durante as etapas de desenvolvimento quando comparado com a escala proposta por ANEEL (2016).

O Quadro 8 apresenta a evolução da escala TRL desde sua primeira concepção por Sadin; Povinelli; Rosen (1989), passando pela evolução feita por Mankins (1995) e finalmente na constituição da norma ISO 16290:2013 (ISO, 2013).

**Quadro 8 Evolução dos Níveis de Maturidade Tecnológica – TRL.**

Nível TRL	SADIN; POVINELLI; ROSEN (1989)	MANKINS (1995)	ISO 16290:2013.
1	Princípios básicos observados e reportados	Princípios básicos observados e relatados	Princípios básicos observados e reportados
2	Aplicação potencial validada	Conceito de tecnologia e/ou aplicação formulada	Conceitos da tecnologia e ou aplicação formulados
3	Prova de conceito demonstrada, analiticamente e/ou experimentalmente	Função crítica analítica e experimental e/ou prova de conceito característica	Funções críticas experimentais e analíticas e/ou características de prova de conceito
4	Componente e/ou placa de ensaio validado em laboratório	Validação de componente e/ou placa de ensaio em ambiente de laboratório	Verificação funcional de componente e/ou teste de protótipo de bancada em ambiente de laboratório
5	Componente e/ou placa de ensaio validado em ambiente espacial – real ou simulado	Validação de componente e/ou placa de ensaio no ambiente relevante	Verificação crítica de função de componente e/ou teste de protótipo em um ambiente relevante
6	Sistema adequado validado em ambiente simulado	Modelo de sistema/subsistema ou demonstração de protótipo em um ambiente relevante (solo ou espaço)	Modelo demonstrando as funções críticas em um ambiente relevante
7	Sistema adequado validado no espaço	Demonstração do protótipo do sistema em um ambiente espacial	Modelo demonstrando o desempenho em ambiente operacional
8	-	Sistema real concluído e “qualificado para voo” por meio de teste e demonstração (solo ou espaço)	Sistema real concluído e aceito para voo (“qualificado para voo”)
9	-	Sistema real “comprovado em voo” por meio de operações de missão bem-sucedidas	Sistema real “provado em voo” através de missões bem sucedidas

Fonte: Adaptado de Sadin; Povinelli; Rosen (1989); Mankins (1995) e ISO (2013).

Infere-se pelo quadro acima a evolução deste a primeira escala com os setes níveis. Com a inclusão dos níveis oito (8) e nove (9) a escala teve o cuidado de empregar um maior detalhamento dos requisitos e atributos que deveriam ser alcançados no desenvolvimento tecnológico para a tecnologia ser enquadrada em um determinado nível. Observa-se pequena diferença na descrição do TRL 1 quando comparamos a escala original de sete níveis com as duas de nove níveis. No entanto quando comparamos os demais níveis TRL é visível o objetivo da evolução cautelosa do enquadramento da tecnologia buscando atender os requisitos e atributos coma realização de testes em diferentes ambientes operacionais (laboratório, ambiente relevante e operacional).

Uma outra diferença está no tipo do produto tecnológico abordado. Na escala original proposta por Sadin; Povinelli; Rosen (1989) observa-se o foco em prova de conceito, componentes, placas de ensaio e sistemas, já na escala proposta por Mankins (1995) explora-se além da relação original, os subsistemas e a subdivisão dos produtos em nível de protótipos e em escala real, o que também pode ser observado na escala unificada pela ISO 16290:2013. Um ponto que merece destaque na ISO 16290:2013 é a preocupação pela demonstração gradual dos avanços da tecnologia em termos da verificação da funcionalidade de cada componente da tecnologia, da demonstração das funções críticas e do desempenho da tecnologia no ambiente final de operação, concluindo o processo de desenvolvimento com o sistema real sendo provado em missões bem sucedidas.

## **2.5 Nível de Maturidade de Demanda (*Demand Readiness Levels - DRL*)**

Em fevereiro de 2011 Florin Paun, vice-diretor de inovação industrial da Onera – Escritório Nacional de Estudos e Pesquisas Aeroespaciais Francês, apresentou no 8º Workshop ANR - ERANET, a proposição do conceito “*Demand Readiness Level*”, Nível de Maturidade de Demanda, uma escala que evoluiu a partir da escala TRL elaborado pela Nasa (PAUN, 2011). Este novo conceito relaciona o estudo do nível de maturidade com a necessidade de um potencial ator de inovação em um determinado mercado. Para Paun (2012, 2011) para que se tenha êxito no processo de inovação deve-se identificar as assimetrias informacionais específicas que envolvem o processo e os atores: assimetria de risco, assimetria cultural e assimetria tecnológica, as quais precisam ser gerenciadas na busca da redução ou das compensações necessárias para favorecer a criação de valor e seus impactos inovativos. O autor desdobra essas assimetrias de informações em diversas questões que permeiam o processo e que minam o processo inovativo, elevando o grau de risco de falha na formatação de um acordo de transferência de tecnologia devido à falta de ferramentas apropriadas para realizar a avaliação e identificação destas assimetrias olhando os dois extremos: o ambiente de desenvolvimento tecnológico (*Technology Push*) e a necessidade do cliente/mercado (*Market Pull*). Paun (2011, 2012) realizou estas constatações quando da análise dos processos de transferência de tecnologia entre a Onera e as pequenas e médias empresas francesas – SMEs.

Onera é uma empresa pública, de cunho técnico e científico, mas com características comerciais e industriais. Sua missão é definida da seguinte forma: desenvolver e direcionar pesquisas no campo aeroespacial; projetar, desenvolver e implementar as ferramentas necessárias para a realização da pesquisa; garantir, em associação com outras organizações de

P&D+I, a circulação, em nível nacional e internacional, dos resultados da pesquisa; apoiar a utilização dos resultados da pesquisa pela indústria aeroespacial; e facilitar sua aplicação fora do campo aeroespacial (PAUN, 2012).

Paun (2011, 2012) resgatou e deu uma nova roupagem aos conceitos explorados nos trabalhos de Brem; Voigt (2009), Herstatt; Lettl (2000), Chidamber; Shyam; Kon (1994) e Mowery; Rosenberg (1979). Conforme Herstatt; Lettl (2000) e Chidamber; Shyam; Kon (1994) o objetivo dos estudos sobre *Market Pull* e *Technology Push* foi sempre de investigar como estas influenciam o alcance da inovação. Brem; Voigt (2009) apresenta as seguintes definições:

- (i) *Market pull / demand pull / need pull*: A fonte das inovações é o atendimento inadequado das necessidades do cliente, o que resulta em novas demandas para a solução de problemas (“inventar sob pedido” produto para uma determinada necessidade). O impulso vem de indivíduos ou grupos que (estão dispostos a) articular suas demandas (BREM; VOIGT, 2009, p. 355, tradução nossa).
- (ii) *Technology push*: O estímulo para novos produtos e processos vem da pesquisa (interna ou externa); o objetivo é fazer uso comercial para um novo conhecimento. O estímulo é causado pelo impulso da aplicação de uma capacidade técnica (BREM; VOIGT, 2009, p. 355, tradução nossa).

Para de Herstatt; Lettl (2000) ambas as abordagens são plenamente justificadas e aderentes ao processo inovativo. Para os autores elas dependem do grau de inovação desejado (inovação disruptiva/revolucionária e/ou inovação incremental) e das respectivas características e expectativas do ator de destino da solução. Fundamenta e alicerça esta afirmação as conclusões de Mowery; Rosenberg (1979) onde expõem que é fundamental considerar a demanda de mercado como também a oportunidade da evolução tecnológica como itens de elevada importância no processo de inovação. Processos que não consideram a existência de ambas são improváveis de alcançar o sucesso comercial pretendido. No Quadro 9 abaixo apresenta-se as principais diferenças entre as abordagens segundo Herstatt; Lettl (2000).

**Quadro 9** Características das abordagens *Technology Push* e *Market Pull*.

Critério	Indutor da Inovação	
	<i>Technology Push</i>	<i>Market Pull</i>
Potenciais aplicações de mercado	Desconhecido	Conhecido
Experiência do cliente	Indisponível	Acessível
Envolvimento inicial do cliente	Problemático	Não problemático
Mudança no comportamento do cliente	Muito necessário	Não obrigatório
Treinamento de clientes	Muito necessário	Não obrigatório
Hora de entrada no mercado	Não tenho certeza	Relativamente seguro
Forma de aquisição de informações	“Exploratório” Pesquisa de mercado	Convencional Pesquisa de mercado
Processo de inovação	“Sondar e Aprender” - Processo	Processo “Stage -Gate”

Fonte: Adaptado de Herstatt; Lettl (2000).

Analisando todas as características e diferenças de ambas as abordagens através dos casos práticos estudados, Herstatt; Lettl (2000) conclui que na grande maioria das vezes os processos de desenvolvimento de soluções inovadoras consistem no uso híbrido de ambas as abordagens e suas características onde, dependendo da fase do projeto de inovação, as tarefas ou atividades específicas são realizadas por equipes distintas. Conforme os autores, muitas das vezes na prática, durante o desenvolvimento de um projeto na execução de suas etapas ocorre uma “mistura” exibindo características de ambas as abordagens. Em outras palavras, os projetos de *Technology Push* iniciam como projetos de *Market Pull* e vice-versa (HERSTATT; LETTL, 2000). Portanto, produtos e serviços de sucesso dependem da combinação direcionada das atividades de *Market Pull* e *Technology Push* uma vez que a integração das duas abordagens push-pull contribui para maior capacidade de inovação da empresa, conclusão que Paun (2012, 2011) endossa em seus trabalhos práticos e que foi visualizado por Munro; Noori (1988).

Endossando Herstatt; Lettl (2000) e Mowery; Rosenberg (1979), Paun (2012, 2011) chega à conclusão que, para que o processo de transferência de tecnologia ocorra com êxito, as célebres discussões entre a importância do processo via *Technology Push* ou via *Market Pull* na verdade devem convergir para que ocorra um equilíbrio buscando o que ele denomina de uma abordagem “híbridizada”, buscando o casamento ou a combinação exitosa entre a necessidade do cliente/mercado com o desenvolvimento tecnológico. Adicionalmente, os estudos relatados por Paun (2011, 2012) evidenciaram que todos os envolvidos nos contratos de transferência de tecnologia realizados pela Onera buscavam entender em que nível de TRL a tecnologia se encontrava (*Technology Push*) a fim de verificarem a sua aderência com a necessidade (*Market Pull/Demand Pull*), levando o autor a concluir da importância de se adaptar a escala DRL – *Demand Readiness Level*.

Uma questão que merece atenção identificada por Paun (2012) é o acesso das tecnologias desenvolvidas nos mercados maduros que possuem alta especialização como é o caso do aeroespacial. Conforme o autor, para se colocar uma tecnologia inovadora neste tipo de mercado, desafiando os produtos e modelos de negócios existentes, o melhor caminho seria pelas SMEs, ou seja, depois que é demonstrada a viabilidade da tecnologia na SME, há grandes chances de que os grandes grupos integrem essa tecnologia nos sistemas que estão projetando, facilitando o processo de transferência tecnológica. Por isso a importância de se avançar em um modelo híbrido entre *Technology Push* e *Market Pull*.

Endossa-se a relevância expressa por Paun (2012, 2011) para com a adaptação da DRL e sua inclusão no processo de inovação na fase de demanda, trabalhos anteriores em relação a termo *Front-End Of Innovation (FEI)*. Conforme Koen; Bertels; Kleinschmidt (2014), Cooper (1988) e Verworn; Herstatt; Nagahira (2008), FEI é o estágio inicial do processo de desenvolvimento de um produto tecnológico, e este estágio é crítico e determina o sucesso ou o fracasso do processo inovativo. Neste estágio se realiza as etapas de geração de ideias ou identificação de oportunidades/demandas, de definição do escopo e conceito do produto, e da realização das primeiras avaliações antes do desenvolvimento. Todo processo de inovação começa na identificação de uma oportunidade, de uma ideia ou da solução a um problema, seja internamente à empresa, no centro de desenvolvimento ou externamente a ambas (TIDD; BESSANT 2015; KOEN; BERTELS; KLEINSCHMIDT, 2014; TERRA, 2012; HANSEN; BIRKINSHAW, 2007; BOEDDRICH, 2004).

No entanto, conforme Tidd; Bessant (2015), Terra (2012), Brem; Voigt (2007) e Hansen; Birkinshaw (2007) o sucesso final depende fortemente da estrutura do processo de gestão para os diferentes tipos de ideias das diversas fontes, bem como, da implementação adequada dos respectivos projetos. É preciso encarar a inovação como um processo de fluxo integrado, desde a identificação da ideia até a transformação em algo comercializável. Ainda, segundo Cooper (2014), as empresas devem dar importância e ênfase neste estágio de seleção da ideia, buscando torná-lo menos difuso, ou seja, deve-se realizá-lo de forma planejada com uso de métodos, modelos e atividades buscando reduzir as incertezas e a falta de informações consistentes. Este estágio deve estar bem estabelecido, alcançar um bom nível de maturidade de gestão visando o sucesso do processo (TIDD; BESSANT, 2015; KOEN; BERTELS; KLEINSCHMIDT, 2014; RIEL; NEUMANN; TICHKIEWITCH, 2013; MARKHAM, 2013; HEISING, 2012; TERRA, 2012).

No processo de gestão de ideias, naturalmente o gestor do processo encara a dificuldade de eleger as candidatas a se tornarem projetos em meio a falta de informações detalhadas, situação que gera incertezas ao processo, ou seja, as ideias geralmente vêm em estado bruto. Kempe et al. (2012) batizou esta situação como “*Raw idea*”. Para Herstatt et al. (2006) esta carência de informação provoca o aparecimento de fatores limitantes para o FEI, provocados pelo elevado grau de incertezas.

Conforme estudo realizado por Andrade (2011) o significado da palavra “incerteza” vem da convergência das visões clássicas com as visões modernas: “conceito de incerteza está associado à ausência (ou limitação) de conhecimento e é contrastado com a ideia de conhecimento na forma de cálculo de risco probabilístico quantificável” (ANDRADE, 2011, p. 191). De forma paralela, os riscos associados a gestão estão em se manter uma ideia que tem forte chance de não lograr êxito/sucesso no processo de desenvolvimento, ou mesmo desperdiçar uma ideia promissora por falta de conhecimento ou de informações (BRUN; SAETRE; GJELSVIK, 2009). Conforme Dent; Pettit (2011), o processo de mensuração e monitoramento do nível de maturidade tecnológica (TRL) possibilita a gestão dos riscos durante o desenvolvimento (“risco tecnológico”), pois busca-se o esclarecimento de possíveis incertezas que ocorrem normalmente no processo de desenvolvimento tecnológico. No entanto o “risco de mercado” não é levado em consideração, evidenciando a necessidade do monitoramento e controle do desenvolvimento da tecnologia olhando o casamento com o que é demandado pelo mercado e o risco atrelado (DENT; PETTIT, 2011).

Ainda, conforme a literatura, nas últimas décadas tem se destacado o relacionamento dos clientes e fornecedores como fonte de informações para o processo de inovação. Para Stanko; Bonner (2013) o processo de interação contínua com os potenciais clientes permite o entendimento das necessidades específicas sejam elas imediatas ou futuras, permitindo que as empresas e/ou os desenvolvedores de tecnologia identifiquem tendências de mercado e diminuam as incertezas. Segundo Herstatt et al. (2006), empresas japonesas de sucesso integram seus clientes com mais frequência no processo de desenvolvimento e avaliação de novas ideias de produtos do que as empresas que não obtiveram o sucesso esperado. Este sucesso passa a ser maximizado principalmente quando as empresas integram os *feedbacks* dos clientes em suas definições de produtos traduzindo-as em requisitos e especificações técnicas (HERSTATT et al., 2006).

Com relação aos fornecedores, Melander; Tell (2014) afirmam que a parceria com mais de um fornecedor pode reduzir as incertezas tecnológicas, organizacionais e comerciais, e para Smals; Smits (2012) destacam que a parceria com fornecedores é uma maneira excelente para

o alcance da competitividade de longo prazo por meio de uma inovação sustentável. Conforme Tidd; Bessant (2015), Terra (2012) e Cooper; Edgett (2010), o processo de inovação é árduo e envolve diversas atividades seja no ambiente externo como no interno à empresa, onde a primeira é caracterizada pelo mercado, e a segunda nas competências internas essenciais para o processo de inovação, onde a participação dos clientes e fornecedores podem agregar valor e principalmente diminuir as incertezas durante o processo de desenvolvimento (MELANDER; TELL, 2014; STANKO; BONNER, 2013; HERSTATT et al., 2006).

Neste contexto, Paun (2012, 2011) identificou de forma prática no ambiente de inovação que cerca a Onera, a necessidade de adaptar o método TRL da Nasa para aplicação na fase de identificação da ideia/demanda ou oportunidade pelo cliente/mercado (*Market Pull*) com foco em realizar a “hibridização” com o desenvolvimento tecnológico proporcionado pela Onera (*Technology Push*), buscando desta forma a diminuição das incertezas e dos riscos associados, um processo de ganha-ganha (PAUN, 2012, 2011). Segundo Paun (2011), a experiência na Onera provou que a abordagem direta de *Technology Push* não era a mais apropriada para colocar as tecnologias recém desenvolvidas no mercado.

Conforme proposto por Paun (2012, 2011), a escala DRL possui os mesmos nove (9) níveis, mas com um posicionamento inverso quando comparado com a escala TRL da Nasa. Cada nível DRL se relaciona com um nível da escala TRL possibilitando o cientista identificar o parceiro industrial adequado para desenvolver um novo projeto de P&D+I colaborativo buscando lançar um novo produto ou serviço, da mesma forma, possibilita uma empresa a identificar o nível adequado de maturidade que a tecnologia desenvolvida pela universidade deveria ter para poder atender suas expectativas iniciais (PAUN, 2011, 2012).

Conforme Paun (2012), esta nova escala é capaz de medir o nível de compreensão e de tradução em recursos necessários que a equipe de desenvolvimento/empreendedora possui, a fim de objetivar o atendimento da necessidade expressa por um mercado-alvo. No Quadro 10 abaixo apresenta-se a escala original proposto por Paun (2011) e sua relação com a escala TRL.

**Quadro 10 Nível de maturidade da demanda como ferramenta de equilíbrio para a hibridização entre as abordagens *Technology Push* e *Market Pull*.**

Nível DRL	Descrição para o Nível de Maturidade da Demanda - DRL	Descrição Nível de Maturidade Tecnológica - TRL	Nível TRL
1	Ocorrência de um sentimento “algo está faltando”	Certificação de mercado e autorização de vendas	9
2	Identificação de uma necessidade específica	Industrialização de produtos	8
3	Identificação das funcionalidades esperadas para o novo produto / serviço	Protótipo industrial	7
4	Quantificação das funcionalidades esperadas	Demonstração de campo para todo o sistema	6

5	Identificação das capacidades sistêmicas (incluindo a liderança do projeto)	Desenvolvimento tecnológico	5
6	Tradução das funcionalidades esperadas nos recursos necessários para criar a resposta	Demonstração de laboratório	4
7	Definição das competências e recursos necessários e suficientes	Pesquisa para provar a viabilidade	3
8	Identificação dos especialistas que possuem as competências	Pesquisa aplicada	2
9	Construir a resposta adaptada às necessidades expressas no mercado	Pesquisa fundamental	1

Fonte: Adaptado de Paun (2011).

Restou evidenciado para Paun (2012, 2011) que no processo de inovação cada caso tem uma situação específica e que deve ser avaliado, no entanto com a utilização do conceito proposto, onde se confronta a abordagem *Technology Push* com a *Market Pull* pode-se prever o momento específico onde o processo de transferência de tecnologia poderia ocorrer com maior probabilidade de êxito. Paun (2011) propôs que este momento ocorre quando a soma do resultado da DRL com a TRL alcançar pelo menos a pontuação dez (10). Ainda para Paun (2011), quando os indicadores da DRL e TRL alcançam o valor dez (10) o acordo de transferência de tecnologia a ser assinado entre as partes se torna viável, inclusive o tornará atrativo para os investidores sejam eles públicos ou privados.

Paun (2011) também reforça que a metodologia DRL oportuniza que os investimentos sejam direcionados a soluções sustentáveis, pois naturalmente as demandas atuais emergem solicitando a compatibilidade dos produtos com os valores ambientais e sociais, desta forma, adotando-se o casamento entre DRL e TRL estaremos também proporcionando um aumento da eco inovação, ou seja, o casamento entre a inovação e a sustentabilidade, um vetor atual que eleva o potencial empresarial nos últimos anos (BARBIERI et al., 2010). O conceito proposto por Paun (2011) possibilita, conforme relatado pelo autor, a identificação das assimetrias existentes entre as expectativas e informações dos atores, possibilitando aos gestores adotar ações e ou ferramentas para compensação ou redução dos riscos associados, maximizando o êxito do processo inovativo.

Após a implantação do modelo no processo de gestão da inovação, Onera aferiu retornos de grande relevância. Segundo Paun (2012), mais de quarenta (40) acordos de transferência de tecnologia foram assinados com diversos parceiros industriais, sendo que destes, vinte e oito (28) assinados 4 anos seguintes ao uso da metodologia, correspondendo à nova política de desenvolvimento, enquanto o restante (12) é oriundo da antiga política de desenvolvimento. Como desdobramento, mais de duzentos (200) empregos qualificados foram criados nas pequenas e médias empresas. Soma-se ainda durante este período a assinatura de quinze (15) novos projetos de P&D+I em parceria com as pequenas e médias empresas. A ferramenta

passou também a funcionar como um facilitador no relacionamento externo com as pequenas e médias empresas francesas e no relacionamento interno entre seus cientistas e a equipe de suporte administrativo e fortaleceu a difusão das tecnologias que são desenvolvidas para além do campo aeroespacial (PAUN, 2012).

O método proposto por Paun começou a ser explorado além das fronteiras da Onera. Um exemplo de aplicação prática do método proposto por Paun (2012, 2011), pôde ser identificado no trabalho de Sutopo et al. (2013) e Astuti et al. (2014). Os autores buscaram analisar o nível de maturidade tecnológico para baterias de íons de lítio baseadas em nanopartículas de LiFePO<sub>4</sub>, tecnologia desenvolvida pela Universidade Sebelas Maret (UNS) e o nível de maturidade solicitado pelos possíveis interessados. O objetivo foi de identificar o melhor modelo de comercialização a ser utilizado pela universidade (SUTOPO et al., 2013) e o melhor momento de lançamento de uma empresa futura empresa (ASTUTI et al., 2014). Com relação ao mercado, Sutopo et al. (2013) e Astuti et al. (2014) identificam que a tecnologia tem potencial no mercado de veículos elétricos, de equipamentos de informática e também nos sistemas de armazenamento de energia produzido por sistemas solares, no entanto é necessário identificar o melhor modelo de comercialização entre: incubadoras, licenciamento a empresas, constituição de *joint venture* ou *spin-off*. Para tanto os autores utilizaram os métodos TRL e DRL para esta identificação estratégica (SUTOPO et al., 2013).

Após processo de entrevistas com o público-alvo e os desenvolvedores tecnológicos, obteve-se o nível DRL igual a 6 e o nível TRL igual a 4, portanto chega-se ao valor mínimo de viabilidade do processo de transferência de tecnologia conforme Paun (2012, 2011). Com este resultado Sutopo et al. (2013) chegam à conclusão de que a bateria de íons de lítio baseadas em nanopartículas de LiFePO<sub>4</sub> atende os requisitos do método proposto por Paun (2012, 2011). A partir deste resultado, para definição do melhor modelo de comercialização, os autores aplicam a metodologia de matriz de decisão composta por sete critérios com as partes interessadas, sendo dois especialistas da Agência Indonésia para Avaliação e Aplicação de Tecnologia, dois especialistas em comercialização de tecnologia e dois especialistas em tecnologia de baterias. Como resultado final ficou definido que a melhor modalidade de exploração a ser adotada pela Universidade Sebelas Maret seria pela concepção de uma *Spin-off* (SUTOPO et al., 2013).

A partir deste primeiro resultado de Sutopo et al. (2013), Astuti et al. (2014) parte para identificar o momento ideal para início da operação da *Spin-off*. Foi proposto um modelo inicial para determinar o momento ideal para o lançamento de uma empresa *Spin-off* em termos do conceito de ciclo de vida organizacional, *Technology Readiness Levels* (TRLs) e *Demand Readiness Level* (DRLs). Astuti et al. (2014) conclui que é possível encurtar o tempo de

constituição de uma empresa *Spin-off* atuando no aumento do nível de maturidade auferido nos métodos TRL e DRL e também por um esforço extra no aumento da capacidade produtiva da empresa.

Outro exemplo de aplicação do método proposto por Paun (2012, 2011) é o trabalho de Hjorth; Brem (2016). Os autores avaliaram entre março e maio de 2016 o nível de maturidade de demanda/mercado<sup>1</sup> para quatro pequenas e médias empresas (SMEs) dinamarquesas do ramo alimentício, com o objetivo de verificar a assimetria/aderência para inserção de tecnologias que promovessem eficiência energética aos processos industriais envolvidos. A hipótese a ser verificada de forma prática no estudo era se as respectivas empresas conheciam e estavam de posse dos requisitos técnicos e administrativos para adotar soluções tecnológicas de eficiência energética existentes no mercado a fim de diminuir custos do processo de produção (HJORTH; BREM, 2016).

Para tanto, buscou-se identificar para cada caso os gargalos ou lacunas entre a realidade técnica de cada empresa e a aderência com as soluções ou oportunidades tecnológicas existentes no mercado e vice versa, listando desta forma medidas e ações que poderiam ser tomadas para realizar a transferência de tecnologia existente no mercado as respectivas empresas (HJORTH; BREM, 2016). A necessidade do estudo realizado se dá pela necessidade regulatória imposta pelo governo dinamarquês que objetiva se tornar-se livre do consumo de combustíveis fósseis até 2050, o que determinou com aumentos gradativos no preço da energia à medida que substituiu as fontes fósseis de energia, pressionando as empresas a adotarem medidas de eficiência energética (HJORTH; BREM, 2016). Conforme o estudo, pode-se inferir através do método DRL proposto por Paun (2012, 2011) as situações distintas que cada uma das empresas possuía com relação aos aspectos avaliados em cada nível de maturidade. Através do método de Paun (2012) os autores propuseram os seguintes níveis para avaliação do nível de maturidade de demanda/mercado das quatro empresas conforme apresentado no Quadro 11 abaixo.

**Quadro 11 Nível de maturidade da demanda segundo Hjorth; Brem (2016).**

<b>Nível DRL</b>	<b>Descrição para o Nível de Maturidade da Demanda - DRL</b>
<b>1</b>	Aceitação de que melhorias financeiramente viáveis podem ser feitas
<b>2</b>	Capacidade de destacar onde a melhoria pode ser feita e onde existem interfaces críticas
<b>3</b>	Ser capaz de identificar o que o sistema deve fazer e com o que deve interagir
<b>4</b>	Colocar números no que é esperado em termos de solução, financeira e tecnicamente
<b>5</b>	Capacidade de definir como o sistema deve interoperar e se comunicar

<sup>1</sup> Hjorth; Brem (2016) adotaram em parte do seu artigo a terminologia MRL – Nível de Maturidade de Mercado, a qual tem o mesmo enfoque do termo DRL – Nível de Maturidade de Demanda conforme referencial teórico apresentado, principalmente por Brem; Voigt (2009).

6	É identificado em nível de componente o que a solução deve possuir e como deve ser controlada
7	Compreensão de quem deve planejar, projetar e implementar a solução
8	Tem contato com as pessoas, interna ou externamente, que projetarão e criarão a solução
9	Está sendo criada a solução para resolver o problema em seu ambiente específico

Fonte: Adaptado de Hjorth; Brem (2016).

Como resultado os autores identificaram os diferentes níveis de DRL para cada uma das empresas. Apenas uma das empresas (Aquapri) conseguiu alcançar nível de maturidade superior devido parceria existente com empresa fornecedora de energia que a assessorou na identificação das melhorias em eficiência energética e da quantificação dos retornos financeiros e técnicos a serem proporcionados (HJORTH; BREM, 2016). Em média, segundo Hjorth; Brem (2016), as outras três empresas ficaram no nível 3 de maturidade, revelando a dificuldade de avançar na quantificação interna das necessidades da empresa para com o processo de eficiência energética bem como a interrelação desta evolução com os demais sistemas ou processos existentes.

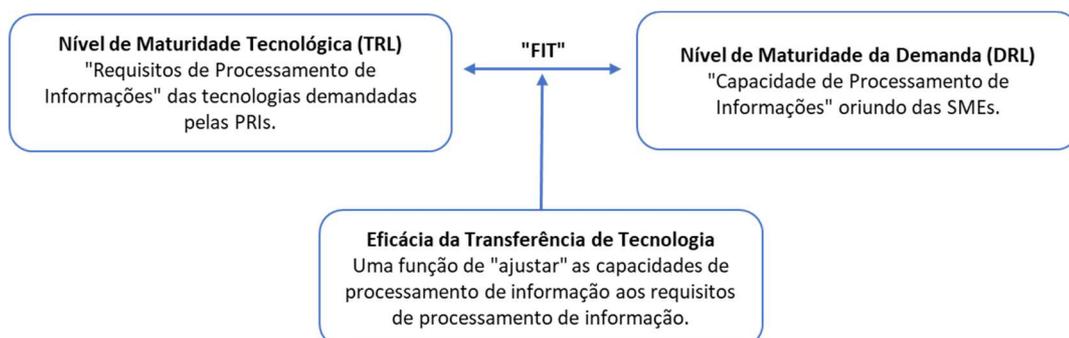
Outros importantes trabalhos sobre o método DRL foram os empreendidos pelos pesquisadores Liu, Subramanian e Hang do Departamento de Engenharia de Sistemas Industriais e Gestão da Universidade Nacional de Cingapura. Buscando avançar na fundamentação teórica e na validação do método DRL proposto por Paun (2011), Liu, Subramanian, Hang (2020, 2019) realizaram estudo teórico empírico correlacionando a teoria da capacidade de processamento de informações com a integração da TRL com a DRL proposta por Paun (2011), aplicando a técnica de análise comparativa qualitativa (QCA). Conforme os autores o processo de transferência de tecnologia envolve transferir ou comunicar conhecimento do lado da oferta para o lado da demanda e vice e versa, para que o destinatário final possa usufruir das vantagens propostas e o detentor da tecnologia auferir o retorno do investimento realizado (LIU; SUBRAMANIAN; HANG, 2020, 2019).

A eficácia da transferência de tecnologia depende da eficiência da comunicação entre as partes, ou seja, o nível de incerteza diminui em um processo de transferência de tecnologia quando o processamento das informações entre as partes ocorre a bom termo possibilitando a transferência exitosa do conhecimento gerado ou a diminuição de uma possível lacuna de conhecimento inicial (LIU; SUBRAMANIAN; HANG, 2020, 2019; FÁTIMA, 2005). O modelo e a validação da fundamentação teórica proposta por Liu, Subramanian, Hang (2020, 2019) ocorreu no estudo da relação entre as PRIs (Instituições Públicas de Pesquisa) e as pequenas e médias empresas (SMEs) da mesma forma que o estudo realizado por Hjorth; Brem (2016).

Liu, Subramanian, Hang (2020, 2019) correlacionaram a capacidade de processamento de informações com os respectivos requisitos dos diferentes níveis de maturidade, seja no TRL como no DRL. É óbvio que, para uma determinada tecnologia estar em um determinado nível de maturidade a mesma atendeu os requisitos técnicos necessários, da mesma forma entende-se que as informações correlatas para que ocorra o processo de transferência de tecnologia estejam disponíveis e que estas informações casem as expectativas do cliente (TAKAHASHI, 2005). Ou seja, à medida que o nível TRL ou DRL aumenta os requisitos associados a incerteza do processamento de informações para a eficácia da transferência de tecnologia diminuem, seja no dono da tecnologia como no receptor (LIU; SUBRAMANIAN; HANG, 2020, 2019; PAUN, 2012, 2011).

Segundo Liu; Subramanian; Hang, (2020, 2019) e Fátima (2005), a eficácia da transferência de tecnologia depende de preencher a lacuna de conhecimento ou encontrar o melhor ajuste entre as capacidades de processamento de informações do destinatário e os requisitos de processamento de informações do dono da tecnologia. A avaliação cuidadosa no estágio de pré-transferência, ou seja, no planejamento inicial que antecede o desenvolvimento (LIU; SUBRAMANIAN; HANG, 2020, 2019; TIDD; BESSANT, 2015; BES; KOTLER, 2011) e a correspondência adequada entre o projeto e a demanda/ideia podem ajudar a impedir que recursos sejam desperdiçados e projetos sejam condenados à falha; em vez disso, os recursos podem ser direcionados para projetos com maior probabilidade de sucesso os quais o caminho da transferência de tecnologia está mais maduro e com maior probabilidade de sucesso, a metodologia DRL-TRL vem ajudar substancialmente para que isso ocorra (LIU; SUBRAMANIAN; HANG, 2020, 2019). Convergingo com o termo “hibridização” proposto por Paun (2011), Liu, Subramanian, Hang (2020) expos que é necessário que exista um “*fit*” entre o nível de maturidade da tecnologia (TRL) com o nível de maturidade da demanda (DRL) para que a transferência de tecnologia tenha êxito (Figura 3).

**Figura 3 Proposta de processamento de informações para transferência de tecnologia PRI – SME.**



Fonte: Adaptado de Liu, Subramanian, Hang (2020).

Para integração da teoria de processamento de informações, Liu, Subramanian, Hang (2020, 2019) propuseram a formatação de uma matriz 3 x 3 correlacionando os níveis TRL propostos pela Nasa (MANKINS, 1995) com os da DRL proposto por Paun (2011). Primeiramente os autores resumiram os níveis de 1 a 9 em três grupos, valendo tanto para TRL como para DRL: Nível Baixo, Nível Médio e Nível Alto, conforme Quadro 12 abaixo.

**Quadro 12 Proposta TRL e DRL Simplificado.**

TRL SIMPLIFICADO		DRL SIMPLIFICADO	
TRL 1	<b>TRL BAIXO - Conceito da tecnologia</b>	DRL 1	<b>DRL BAIXO - Necessita de Identificação</b>
TRL 2	- Pesquisa básica sobre princípios. - Design dos componentes.	DRL 2	- Identificado uma necessidade específica.
TRL3	- Estudo de viabilidade de mercado inicial.	DRL 3	- Existe uma demanda, mas não se sabe como atende-la.
TRL 4	<b>TRL MÉDIO - Demonstração da Tecnologia</b>	DRL 4	<b>DRL MÉDIO - Especificação da Funcionalidade</b>
TRL 5	- Pesquisa sobre fabricação.	DRL 5	- Funcionalidades específicas.
TRL 6	- Integração dos componentes no sistema. - Teste de pré-produção.	DRL 6	- Esta claro "qual é a demanda", mas não é capaz de atender devido à falta de capacidade.
TRL 7	<b>TRL ALTO - Implantação da Tecnologia</b>	DRL 7	<b>DRL ALTO - Capacidade de Integração</b>
TRL 8	- Melhoria contínua.	DRL 8	- Identificar capacidade e recursos adequados.
TRL 9	- Produção em massa. - Introdução no mercado e expansão.	DRL 9	- Capacidade de atender a demanda integrando novos recursos.

Fonte: Adaptado de Liu, Subramanian, Hang (2020, 2019).

De posse dos 3 níveis simplificados para TRL e DRL (Quadro 12), Liu, Subramanian, Hang (2020) propuseram a matriz 3 x 3 TRL x DRL (Quadro 13). Analisando o Quadro 13, pode-se inferir as combinações e os quadrantes onde conforme os autores seriam os mais favoráveis ao processo de transferência de tecnologia. Conforme os autores, os quadrantes acima da diagonal formada por A-B<sup>2</sup>; M-M e B-A reporta que os requisitos de processamento de informação das PRIs (TRL) atendem o mínimo das capacidades de processamento de informações das SMEs (DRL) e vice-versa. Se a tecnologia está no quadrante TRL-Alta qualquer combinação com os níveis DRL o risco de insucesso no processo de transferência de tecnologia é baixo, pois a tecnologia em estágio avançado de maturidade apresenta menos incertezas levando a baixos requisitos de processamento de informações. O nível alto de TRL dos PRIs compensa as baixas capacidades de processamento de informações das SMEs (LIU; SUBRAMANIAN; HANG, 2020, 2019).

<sup>2</sup> Adotou-se marcar em cor vermelha a cor da segunda letra para facilitar a localização no Quadro 13

Quadro 13 Matrix 3x3 TRL x DRL.

		aumentando as capacidades de processamento de informação →		
		DRL-Baixa (B)	DRL-Média (M)	DRL-Alta (A)
aumentando os requisitos de processamento de informação ↓	TRL-Alta (A)	Compra e Implantação		
	TRL-Média (M)	Falha	Co-Desenvolvimento	
	TRL-Baixa (B)	Falha	Falha	Colaboração

Fonte: Adaptado de Liu, Subramanian, Hang (2020, 2019).

No extremo do quadro temos a combinação B-A na qual o nível TRL é baixo, mas com DRL elevado, ou seja, devido à alta capacidade de processamento de informação das SMEs o processo de transferência de tecnologia pode ser bem-sucedido devido a compensação do conhecimento entre os atores. No centro temos a combinação M-M onde os níveis de maturidade das capacidades de processamento de informação dos SMEs e dos requisitos pelos PRIs é de nível médio. Apesar deste quadrante possuir um risco mais elevado, se o projeto for executado adequadamente pode-se obter o “*fit*” ou a “hibridização” entre os requisitos e as capacidades de processamento da informação de ambos os atores, finalizando com êxito o processo de transferência de tecnologia (LIU; SUBRAMANIAN; HANG, 2020). Os demais quadrantes abaixo da diagonal, M-B; B-B; B-M, são classificados pelos autores com de alto risco de falha no processo de transferência de tecnologia devido à falta de ajuste entre os requisitos de processamento de informações e as capacidades de processamento. O processo de transferência de tecnologia nestes quadrantes só deve avançar quando os requisitos de processamento de informações forem reduzidos ou as capacidades de processamento de informações sejam melhoradas (LIU; SUBRAMANIAN; HANG, 2020, 2019).

Conforme Liu, Subramanian, Hang (2020, 2019), os quadrantes da direita acima da diagonal são os de grande probabilidade de resultar em resultados efetivos com o processo de transferência de tecnologia: A-M; M-A; A-A. Nestes quadrantes ou a tecnologia está em alto nível de desenvolvimento (A-M) nas PRIs, as SMEs têm alto conhecimento e capacidade de informações (M-A), ou ambas as situações (A-A). Estas combinações/quadrantes são as ideais para o processo de transferência de tecnologia com baixo nível de incertezas (LIU; SUBRAMANIAN; HANG, 2020, 2019). No final dos artigos os autores agruparam as seis combinações mais favoráveis ao processo de transferência de tecnologia em três modos as quais possuem características distintas devido a variação dos requisitos e capacidades de processamento de informações: 1) compra e implantação; 2) co-desenvolvimento; e 3) colaboração, ver Quadro 13. Segundo Liu, Subramanian, Hang (2020, 2019) temos:

- 1) Compra e implantação: nestes quadrantes como a tecnologia está disponível, as SMEs podem comprar e implantar podendo receber ajuda dos PRIs no processo de implantação;
- 2) Co-desenvolvimento: nestes quadrantes a tecnologia ainda está em desenvolvimento. A participação das SMEs no processo de desenvolvimento é fundamental para seu êxito, bem como a participação das PRIs a fim de desenvolver ou adaptar as tecnologias para atender as necessidades das SMEs;
- 3) Colaboração: nestes quadrantes a tecnologia ainda está em estágio inicial e requer colaboração ativa dos atores. O processo de transferência de tecnologia pode acontecer de diversas formas mesmo que iniciais como a de conhecimento gerado. Todo o processo de transferência de tecnologia requer esforços contínuos e de longo prazo, sendo o retorno financeiro/econômico derivado deste esforço.

Em resumo, segundo Liu, Subramanian, Hang (2020, 2019) as seis combinações A-B; A-M; A-A; M-M; M-A e B-A tem maior probabilidade de sucesso principalmente porque as capacidades de processamento de informações possuídas pelas SMEs equivalem ou excedem os requisitos de processamento de informações das tecnologias exigidas pelos PRIs e vice e versa. Ainda, os projetos que se enquadrarem nos três quadrantes da parte inferior esquerda (M-B; B-B; B-M) não deveriam ser levados adiante sem o devido tratamento nos fatores limitadores que estão impactando nos requisitos e capacidades de processamento de informações dos atores envolvidos, seja os enquadrados no *Market Pull* ou no *Technology Push*. As três combinações A-M; A-A e M-A possuem os cenários ideais de nível de maturidade, pois possuem forte aderência entre os requisitos demandados e a disponibilidade de informações do mercado (*Market Pull*) com o nível de maturidade e capacidades proporcionadas pela tecnologia (*Technology Push*) (LIU; SUBRAMANIAN; HANG, 2020, 2019).

Liu, Subramanian, Hang (2020) deixa claro que o êxito do processo de transferência de tecnologia depende de diversos fatores, muitos deles de nível crítico os quais precisam ser devidamente analisados durante todo o processo (CLOSS; FERREIRA, 2012; GARNICA; TORKOMIAN, 2009), e que o modelo proposto DRL-TRL vem complementar e apoiar na eficácia deste processo. Segundo Liu, Subramanian, Hang (2020) pode-se resumir os fatores críticos de sucesso em quatro tipos, ou seja, para um processo exitoso de transferência de tecnologia: 1) gestão de projetos; 2) gestão da estratégia; 3) gestão de inovação; e 4) gerenciamento de relacionamento (por exemplo, cooperação e colaboração entre as várias entidades envolvidas).

Conforme Liu, Subramanian, Hang (2020) as três combinações limítrofes (A-M; A-A e M-A), exigem da gerência que supervisiona o processo de transferência de tecnologia a garantia da existência de tratativas e análises dos quatro (4) fatores críticos de sucesso na metodologia de análise TRL-DRL para buscar garantir a transferência suave de conhecimento da fonte (*Technology Push*) para o destinatário (*Market Pull*). Ainda, o modelo proposto proporciona aos gestores e formadores de políticas de investimento a avaliação da eficácia do processo de transferência de tecnologia inferindo a correspondência entre a fonte e o destinatário para cada projeto específico em vez de adotar uma abordagem ou tratamento uniforme (LIU; SUBRAMANIAN; HANG, 2020, 2019).

Liu, Subramanian, Hang (2020, 2019) ainda define que a correspondência pré-transferência da fonte da tecnologia e do destinatário com base no TRL e no DRL não se restringe ao contexto PRI - SME, mas pode ser generalizada para outros projetos de transferência de tecnologia em que a fonte e o destinatário tenham diferentes níveis de maturidade, seja empresas ou outros interessados, ou seja, por todas as empresas e instituições que são desafiadas a integrar sua estratégia com o impulso demandado pelo mercado convergindo com Hjorth; Brem (2016) e com os estudos realizados por Sutopo et al. (2013).

[...] uma vez que diferentes tipos de transferência de tecnologia empregam diferentes mecanismos, fontes de tecnologia e destinatários podem consultar nossa estrutura para selecionar um modo apropriado de compromisso. Nossa estrutura pode ajudar as empresas a determinar as capacidades necessárias para diferentes situações de transferência, tudo com o objetivo de aumentar a eficácia operacional e a competitividade (LIU; SUBRAMANIAN; HANG, 2020, p. 78, tradução nossa).

Neste último século a crescente importância dada pela sociedade e pelo empresariado mundial ao desenvolvimento econômico sustentável atrelado a evolução tecnológica e a qualidade de vida (BADRAN, BAYDOUN, HILLMAN, 2020; WEF, 2018), fez com que ocorresse evoluções nas metodologias de gestão da inovação. Essas mudanças melhoraram o atendimento da necessidade da sociedade e do retorno dos investimentos realizados pelos diversos atores. Neste diapasão, identifica-se forte aderência dos estudos, ganhos e resultados listados por Nasa (2010), Mankins (2009b), Paun (2012, 2011), Sutopo et al. (2013), Hjorth; Brem (2016) e Liu, Subramanian, Hang (2020, 2019) que podem ser proporcionados pelo

método DRL-TRL com os atuais estudos na temática “Inovação Empreendedora” fomentada por Ries (2011) e Blank (2005).

Blank (2005) apresentou a metodologia “*Customer Development*”, “Desenvolvimento pelo Cliente” – tradução direta. O objetivo central da metodologia é o relacionamento balanceado entre desenvolvimento de um produto e a compreensão do seu cliente. Fundamentada cientificamente por Blank, foi direcionada a *Startups* e empreendedores, a qual busca melhorar o sucesso dos produtos uma vez que foca no desenvolvimento através de uma melhor compreensão dos interesses dos consumidores. Para Blank (2005) o empreendedorismo é uma prática que pode ser ativamente gerenciada ao invés de uma arte que deve ser passivamente experimentada, contudo, para que tenha êxito, precisa compreender as necessidades dos clientes. Após o fracasso de sua primeira *Startup Catalyst Recruiting*, Eric Ries teve a sorte de ter Steve Blank como consultor e investidor e a partir da metodologia de Blank (2005), passou a evolui-la e construiu o que ele batizou de “*Lean Startup*” – *Startup Enxuta* (RIES, 2011).

Para Ries (2011) o investimento empresarial em novos produtos e serviços deve ser realizado com a participação do cliente final, com experimentação e validação cíclica, em detrimento de planejamento e execução cega. Para o autor o desenvolvimento do produto final deve ocorrer em fases, sempre avaliando o potencial de mercado do produto ou serviço com a participação do cliente final, aferindo se atende os ganhos e as dores e se possui apelo comercial. Caso tenha forte aderência as expectativas dos clientes, prossegue-se com os investimentos, caso contrário muda-se a estratégia ou se desenvolve algo novo para um novo mercado (pivotar) a fim de não tornar o negócio obsoleto (RIES, 2011).

Nesta perspectiva, identifica-se aderência do uso do modelo proposto por Paun (2011) e trabalhado por Liu, Subramanian, Hang (2020, 2019) também pelas *Startups*. O modelo agregaria valor no processo de tomada de decisão dentro do fluxo “Construir-Medir-Aprender” proposto por Ries (2011) e também a visão de Blank (2005), pois através dos métodos validados internacionalmente (TRL e DRL) traria ao ambiente de desenvolvimento empregado pelas *Startups* a avaliação dos níveis de maturidade dos requisitos e capacidades de processamento de informações de ambos os atores, *Market Pull* (clientes) e *Technology Push* (empresas), identificando os pontos de melhoria tanto no processo de desenvolvimento como nos produtos, diminuindo riscos, tempo e custos atrelados, elevando a probabilidade de êxito da transferência de tecnologia para o cliente final. Esta aderência se comprova quando Ries (2011) reporta que a necessidade de entender e aprender o que os clientes demandam é estratégico e não o que eles dizem que querem ou o que achamos, buscando assim o caminho para um negócio sustentável.

Em resumo, através do levantamento do referencial teórico identifica-se o alto grau de aderência dos métodos TRL e DRL estudados como ferramenta para potencializar o processo de gestão da inovação com foco no êxito da transferência de tecnologia à sociedade pelos diversos atores participantes do Sistema Nacional de Inovação (SNI), sejam pequenas, médias e grandes empresas, universidades, centros de pesquisa, e instituições de fomento que através de políticas, instrumentos e chamadas de projetos, buscam dinamizar o desenvolvimento sustentável através da inovação tecnológica. Pode-se inferir que ambos os métodos TRL e DRL compartilham da mesma característica, na medida em que os níveis são alcançados diminui-se os riscos, incertezas e aumentam a probabilidade de sucesso de ocorrer a transferência de tecnologia possibilitando o sucesso comercial (LIU; SUBRAMANIAN; HANG, 2020, 2019; SUTOPO et al., 2013; HJORTH; BREM, 2016; PAUN, 2012, 2011; DENT; PETTIT, 2011). Neste diapasão o objetivo e o produto apresentado nesta dissertação vão além das fronteiras do setor elétrico brasileiro, podendo ser adaptado para ser utilizado por qualquer ator do SNI.

## **2.6 TRL e DRL no Processo de Gestão da Inovação**

Conforme o Manual de Frascati (OECD, 2008) a pesquisa e o desenvolvimento (P&D) são denotados pela criação do homem (trabalho criativo) com o objetivo de gerar ou de aprimorar o conhecimento da sociedade ou da sua cultura com o intuito de aplicar esses conhecimentos em aplicações, gerando assim o processo de inovação. Na visão de OEDC (2002) P&D abrange a pesquisa básica, a pesquisa aplicada e o desenvolvimento experimental. Trazendo esta disciplina ao Setor Elétrico, ANEEL entende que P&D abrange além das fases definidas pela OECD (2008) as de Cabeça de Série, Lote Pioneiro e Inserção no Mercado, uma vez que o objetivo do Programa de P&D é priorizar a obtenção de resultados de aplicação prática, com foco na criação e no aperfeiçoamento de produtos, processos, metodologias e técnicas com o objetivo final de levar a evolução dos sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica visando a economicidade e qualidade do serviço prestado a sociedade brasileira (ANEEL, 2012; BRASIL, 2000). Todas estas atividades carregam consigo a incerteza científica, técnica ou tecnológica, o que permitem distinguir P&D de qualquer outra atividade correlata rotineira (OECD, 2008).

Conforme OEDC (2002) projetos de rotina nos quais especialistas utilizam metodologias e fatos das ciências não podem ser classificados como trabalhos de P&D. Para ser caracterizado como P&D precisa existir novidade que não seja óbvia ou insignificante e que carregue consigo o risco e a incerteza do sucesso. Pode-se inferir que todo projeto de P&D busca resolver algum

problema ou capturar valor para alguma oportunidade identificada, seja de ordem empresarial, social ou ambiental, através do desenvolvimento de algo novo ou da combinação de conhecimentos e de tecnologias pré-existentes ainda não utilizadas àquela realidade de pesquisa (OECD, 2008).

O processo de P&D+I e conseqüentemente da inovação, passa então pelo campo inicial da identificação de oportunidades ou resolução de problemas práticos, pelo planejamento dos projetos, pelo desenvolvimento, experimentação, refinamento e testes de verificação, validação de desempenho e de utilização/operação inicial até que o produto inicialmente idealizado esteja certificado e pronto para ser comercializado com sua inserção na sociedade (TIDD; BESSANT, 2015; BES; KLOTER, 2011). Todo este processo de busca pela inovação carrega consigo riscos e incertezas e é desenvolvido em estágios que ocorrem geralmente de forma não linear, mas interativa entre os atores e o usuário final (QUINTELLA et al., 2019; TIDD; BESSANT, 2015; BES; TERRA, 2012; KLOTER, 2011; COOPER, 2008; RABECHINI JR.; MAXIMIANO; MARTINS, 2005).

Conforme delineado no subcapítulo 2.3, 2.4 e 2.5 o método TRL e DRL vieram a agregar valor na tomada de decisão dos gestores de inovação durante o processo de pesquisa e desenvolvimento, possibilitando a formulação de planos de ação com atividades específicas de tratamento aos gargalos administrativos e principalmente tecnológicos identificados com deficiência de maturidade ou com falta de atendimento aos requisitos pré-estabelecidos, principalmente pelo cliente ou pelo mercado final (LIU, SUBRAMANIAN, HANG, 2020; HJORTH; BREM, 2016; SUTOPO et al., 2013; PAUN, 2012, 2011; NASA, 2010; NOLTE; KENNEDY; DZIEGIEL, 2003). Com o uso de ambos os métodos restou evidenciado pela literatura os ganhos proporcionados, como a diminuição e/ou controle dos riscos e incertezas, dos atrasos de cronograma e conseqüentemente da diminuição dos custos, mas sobretudo maximizam a probabilidade de sucesso na inserção da tecnologia desenvolvida no mercado ou o processo de transferência de tecnologia (LIU, SUBRAMANIAN, HANG, 2020; QUINTELLA et al., 2019; HJORTH; BREM, 2016; SUTOPO et al., 2013; PAUN, 2012, 2011; DENT; PETTIT, 2011; NASA, 2010, 1991a; MANKINS, 2009b; NOLTE; BILBRO, 2008; NOLTE; KENNEDY; DZIEGIEL, 2003).

Conforme Liu, Subramanian, Hang (2020), Paun (2012, 2011), Herstatt; Lettl (2000); Munro; Noori (1988) e Mowery; Rosenberg (1979) a busca pela maturidade tecnológica, do constante desenvolvimento de um produto, caracteriza-se pelo chamado processo de inovação induzido pelo impulso tecnológico (*Technology Push*) visando sempre atender às necessidades e solicitações do cliente específico ou do apelo de mercado, ou seja, inovação induzida pelo

*Market Pull*. Desta forma pode-se inferir pela literatura estudada a importância de se proceder com a constante análise do nível de maturidade durante os estágios de desenvolvimento tecnológico contudo, sempre buscando a identificação da aderência aos requisitos e ao nível de maturidade das informações do mercado e/ou do cliente específico, ou seja, deve ser realizado o estudo de maturidade tanto do desenvolvimento tecnológico quanto dos requisitos demandados pelo cliente/mercado buscando avaliar o “*fit*” ou a “hibridização” entre os dois processos (LIU, SUBRAMANIAN, HANG, 2020; PAUN, 2012, 2011; NASA, 2010, 1991a; MANKINS, 2009b; NOLTE; BILBRO, 2008; NOLTE; KENNEDY; DZIEGIEL, 2003).

Neste diapasão, dentro do processo de gestão da inovação, identifica-se a importância da avaliação do nível de maturidade desde o estágio de *Front-End Of Innovation (FEI)*, onde ocorre a identificação e seleção de demandas/ideias/oportunidades de melhoria, ou seja, a identificação dos requisitos e expectativas do cliente final/mercado, e nos estágios de formulação e seleção das propostas de P&D+I, do desenvolvimento do projeto e nos testes e validação final do produto. Restou evidenciado a importância da adoção do método DRL no estágio de identificação do nível de maturidade dos requisitos e informações do cliente/mercado final (*Market Pull*) e do método TRL nos estágios de seleção de projetos de P&D+I, de desenvolvimento e de validação final da tecnologia (*Technology Push*), pois conforme abordado, o emprego dos métodos DRL e TRL possibilitam o aumento da probabilidade do êxito do processo de transferência de tecnologia com o estreitamento do “vale da morte”, uma vez que apara as arestas entre o desenvolvimento tecnológico e as expectativas do mercado/cliente.

Dentro deste contexto, o presente estudo busca adaptar o método TRL desenvolvido pela Nasa e do método DRL proposto por Paun (2012, 2011) para utilização por empresa do setor elétrico brasileiro através do desenvolvimento de um aplicativo convergindo os dois métodos. Foi trabalhado a subjetividade das informações da NBR ISO 16290:2015 e da ISO 16290:2013 e, conforme orientação da norma NBR ISO 16290:2015 (ANBT, 2015), definido procedimento baseado em critérios e com algoritmo próprio, possibilitando avaliar o nível de maturidade de demandas/ideias, das propostas de projetos de P&D+I e de produtos tecnológicos desenvolvidos. O desenvolvimento conta com aplicação original dos conceitos e métodos estudados, pois observa e busca atender as características e premissas das normas e leis do setor elétrico brasileiro, bem como as particularidades operacionais e de gestão da inovação da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Prodanov, Freitas (2013) define metodologia como a aplicação de procedimentos e técnicas para o desenvolvimento do conhecimento com a finalidade de proporcionar retorno a sociedade. A fim de alcançar os objetivos propostos o processo da pesquisa é caracterizado conforme apresentado no Quadro 14 a seguir:

**Quadro 14 Caracterização da Pesquisa.**

<b>Classificação</b>	<b>Enquadramento</b>	<b>Autores</b>
<b>Quanto aos Objetivos</b>	Exploratória	Lakatos; Marconi (2018) e Gil (2008).
<b>Quanto a Natureza</b>	Pesquisa Aplicada	Lakatos; Marconi (2018); Kauark; Manhães; Medeiros (2010) e Gil (2008).
<b>Quanto ao Foco de Estudo</b>	Estudo de Caso	Gil (2008), Ventura, (2007); Raupp; Beuren, (2004) e Yin, (2001).
<b>Quanto a Técnica de Coleta de Dados</b>	Pesquisa Bibliográfica e Documental e Levantamento de Dados	Lakatos; Marconi (2018) e Gil (2008).
<b>Quanto a Técnica de Análise de Dados</b>	Análise de Conteúdo	Lakatos; Marconi (2018) e Gil (2008).
<b>Quanto a Abordagem</b>	Qualitativa	Lakatos; Marconi (2018) e Gil (2008).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme Gil (2008) a pesquisa é considerada como exploratória, pois tem com finalidade esclarecer e adaptar conceitos e ideias em relação ao cerne da pesquisa. Nível de Maturidade Tecnológica (TRL) e Nível de Maturidade de Demanda (DRL), proporcionando uma visão geral e formação de conhecimento do estado da arte no assunto com o objetivo de responder à pergunta de pesquisa. Ainda conforme Lakatos; Marconi (2018) e Gil (2008), a presente pesquisa é classificada como exploratória, pois foi operacionalizada através de levantamento bibliográfico, levantamento documental e de campo com levantamento de dados primários ou secundários através de entrevistas semiestruturadas com pessoas que tiveram experiências práticas no contexto do problema a ser analisado. Desta forma é proporcionado ao pesquisador uma maior familiaridade com o problema, com objetivo de torná-lo mais evidente e devidamente caracterizado, oportunizando a construção de hipóteses e ou ideias e consequentemente o aprendizado (LAKATOS; MARCONI 2018; GIL, 2008).

Considerando a natureza, a pesquisa é considerada como aplicada, pois conforme Lakatos; Marconi (2018), Kauark; Manhães; Medeiros (2010) e Gil (2008), com o conhecimento adquirido se propõe solucionar um problema específico (aplicativo para identificar a maturidade tecnológica de uma demanda/ideia e de uma proposta de projeto de P&D+I) envolta em características particulares, a do setor elétrico e, após o seu desenvolvimento, a validação ocorrerá com aplicação prática na análise de demandas/ideias, propostas de projetos de P&D+I e de produtos tecnológicos desenvolvidos.

O método utilizado para validação do resultado final deste trabalho, em virtude do caráter exploratório da pesquisa e sua natureza aplicada, foi o estudo de caso (VENTURA, 2007; RAUPP; BEUREN, 2004; GIL, 2008; YIN, 2001). Trata-se de uma investigação empírica com objetivo de avaliar um fenômeno contemporâneo, evolução do nível de maturidade, dentro de um contexto real onde os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos, como é o caso em estudo (GIL, 2008; YIN, 2001). Ademais, Yin (2001) finaliza discorrendo que o estudo de caso se trata de uma estratégia de pesquisa abrangente que de forma planejada incorpora abordagens específicas à coleta e análise de dados (YIN, 2001, p. 33).

Ainda, conforme Lakatos; Marconi (2018) e Gil (2008), a presente pesquisa pode ser classificada como de abordagem qualitativa empregando como técnica a análise de conteúdo. A abordagem qualitativa pressupõe uma leitura reflexiva sobre obras selecionadas, que tratam de teorias e de conhecimentos já existentes, relativos ao objeto em investigação, podendo ser focado em um estudo de caso envolvendo a interação contínua entre a coleta e tratamento de dados (LAKATOS; MARCONI, 2018), como está proposto nesta pesquisa. Adicionalmente Gil (2008) explica que o processo de análise qualitativa é sistemático, mas não é rígido, mas traz consigo a análise reflexiva com a formação de anotações com o objetivo de ajudar no desenvolvimento conceitual.

### **3.1 Instrumentos de Coleta de Evidências e de Modelagem do Método**

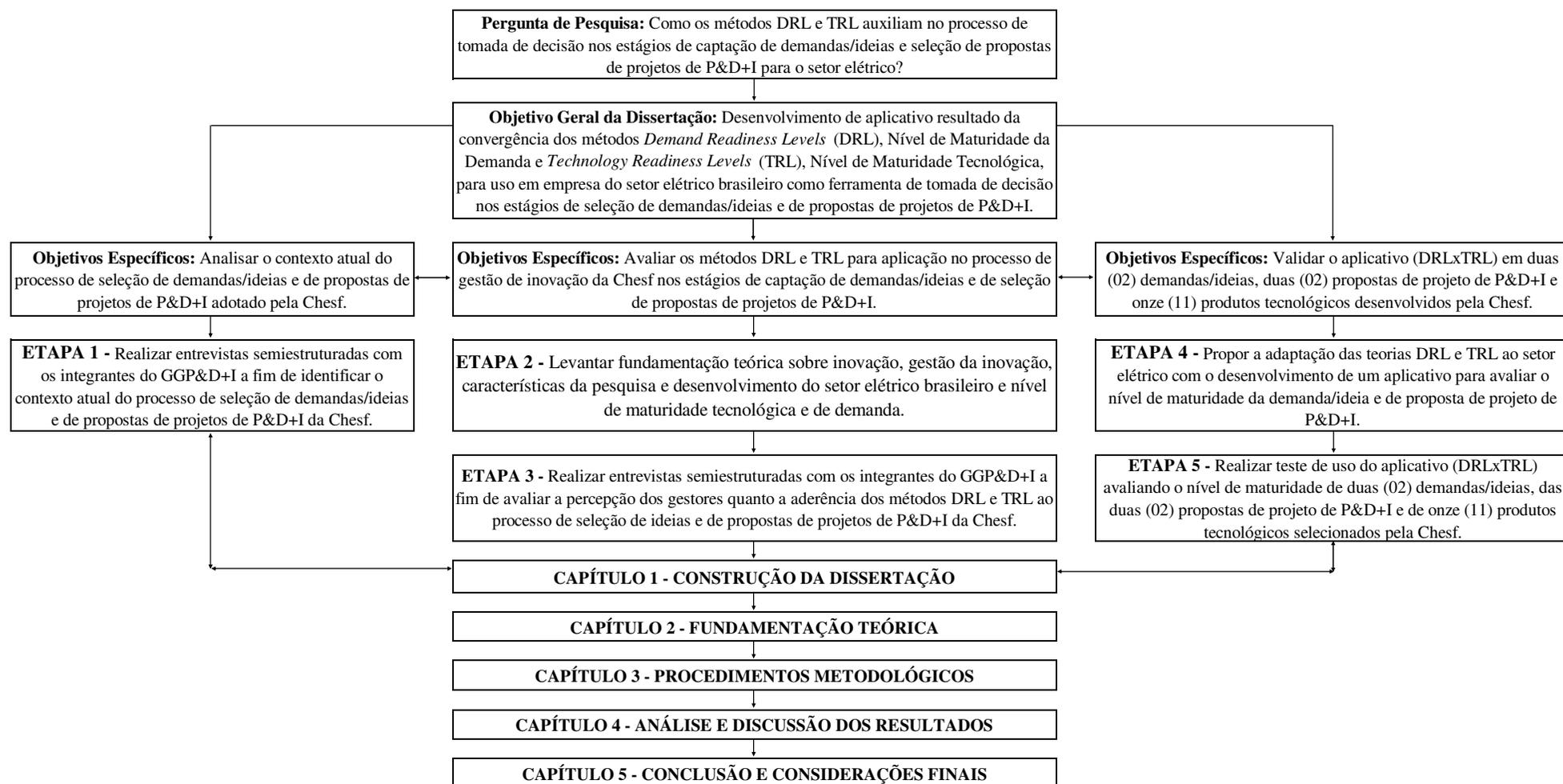
Primeiramente, de forma a justificar que os objetivos do presente trabalho são factíveis, o Quadro 15 apresenta o desenho generativo da pesquisa contendo as etapas, os recursos e métodos relacionados aos objetivos específicos desta pesquisa. A partir do desenho generativo da pesquisa foi elaborado a Estrutura Analítica do Projeto (EAP), Figura 4, que possibilita a visualização estruturada do objetivo geral, o desdobramento dos objetivos específicos e as respectivas etapas que levaram a conclusão do desenvolvimento e a elaboração desta dissertação. Na seção 3.1.1 após o Quadro 15 e da Figura 4, é apresentado com detalhes cada uma das etapas e os respectivos produtos esperados.

**Quadro 15 Desenho generativo da pesquisa.**

<b>Pergunta de Pesquisa:</b> Como os métodos DRL e TRL auxiliam no processo de tomada de decisão nos estágios de captação de demandas/ideias e seleção de propostas de projetos de P&D+I para o setor elétrico?			
<b>Objetivo Geral da Dissertação:</b> Desenvolvimento de aplicativo resultado da convergência dos métodos <i>Demand Readiness Levels</i> (DRL), Nível de Maturidade da Demanda e <i>Technology Readiness Levels</i> (TRL), Nível de Maturidade Tecnológica, para uso em empresa do setor elétrico brasileiro como ferramenta de tomada de decisão nos estágios de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I.			
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Etapas</b>	<b>Recursos</b>	<b>Métodos</b>
Analisar o contexto atual do processo de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I adotado pela Chesf.	1- Realizar entrevistas semiestruturadas com os integrantes do GGP&D+I a fim de identificar o contexto atual do processo de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I da Chesf.	Meios de comunicação; Formulários e/ou Questionário.	Entrevistas semiestruturadas.
Avaliar os métodos DRL e TRL para aplicação no processo de gestão de inovação da Chesf nos estágios de captação de demandas/ideias e de seleção de propostas de projetos de P&D+I	2- Levantar fundamentação teórica sobre inovação, gestão da inovação, características da pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico brasileiro e nível de maturidade tecnológica e de demanda.  3- Realizar entrevistas semiestruturadas com os integrantes do GGP&D+I a fim de avaliar a percepção dos gestores quanto a aderência dos métodos DRL e TRL ao processo de seleção de ideias e de propostas de projetos de P&D+I da Chesf.	Internet; Livros; Artigos Científicos; Teses; Publicações diversas.	Pesquisa Bibliográfica; Levantamento documental e Entrevistas semiestruturadas.
Validar o aplicativo (DRLxTRL) em duas (02) demandas/ideias, duas (02) propostas de projeto de P&D+I e onze (11) produtos tecnológicos desenvolvidos pela Chesf.	4- Propor a adaptação das teorias DRL e TRL ao setor elétrico com o desenvolvimento de um aplicativo para avaliar o nível de maturidade da demanda/ideia e de proposta de projeto de P&D+I.  5- Realizar teste de uso do aplicativo (DRLxTRL) avaliando o nível de maturidade de duas (02) demandas/ideias, das duas (02) propostas de projeto de P&D+I e de onze (11) produtos tecnológicos selecionados pela Chesf.	Meios de comunicação; Computador para realização do desenvolvimento, programação e <i>design</i> do aplicativo.	Método IDEF0 ( <i>Integration Definition for Function Modelling</i> ); Método DRL/TRL Proposto; Coleta de dados; Formulários e/ou Questionário; Entrevistas semiestruturadas e Programação computacional.

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 4 Estrutura Analítica do Projeto (EAP)**



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.1.1 As Etapas do Desenho Generativo da Pesquisa

Para a execução da etapa 1 do percurso metodológico de execução da pesquisa, primeiramente foi mantido contato com o gerente do GGP&D+I Chesf a fim de verificar a disponibilidade dos gestores do processo de pesquisa, desenvolvimento e inovação. Esse contato foi importante para garantir a aplicação de formulário de entrevista semiestruturado com o objetivo de obter informações para analisar o contexto atual do processo de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I. Ficou definido com o gerente do GGP&D+I Chesf que seis (6) integrantes do grupo de gestão da inovação, incluindo o gerente, iriam participar da primeira e terceira etapa do desenho generativo da pesquisa. Após esta definição foi agendada e realizada as entrevistas individuais semiestruturada com os gestores do GGP&D+I Chesf onde foi caracterizado o contexto atual do processo Chesf de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I.

A etapa 2 consistiu nas pesquisas iniciais acerca do tema e objeto que compõem a questão norteadora da pesquisa. Utilizou-se principalmente o portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) acessando a base CAFe, para realizar o levantamento das principais bibliografias incluindo o acesso a base Scopus Elsevier para o levantamento inicial de publicações. Foram utilizadas inicialmente as expressões: *innovation, innovation management, research and development of the Brazilian electric sector, TRL, readiness level, readiness assessment, technology readiness level, technology readiness, demand readiness levels, demand readiness e demand assessment* e suas traduções para o português. De forma paralela a ferramenta da CAPES, também foi realizado buscas complementares através do *Google Academics*.

Na etapa 3 foi realizada entrevista individual semiestruturada com os gestores do GGP&D+I Chesf a fim de levantar a percepção dos entrevistados quanto a aderência dos métodos DRL e TRL ao processo de seleção de ideias e de propostas de projetos de P&D+I da Chesf. O objetivo final das etapas 1, 2 e 3 embasou os estudos para formação de conhecimento, oportunizando a construção de hipóteses ou de ideias para a execução das demais etapas mantendo sempre o foco no objetivo principal da pesquisa.

A realização da etapa 4 consistiu primeiramente na identificação dentre os resultados do levantamento do estado da arte realizado na etapa 2, documentos que tratassem da convergência do método DRL com o método TRL a fim de alinhar o conhecimento produzido com as

particularidades e especificidades do processo de inovação demandado pelo SEB, e principalmente aderente a realidade prática da Chesf levantada nas etapas 1 e 3.

A partir das informações levantadas do estado da arte em TRL e DRL e aplicando o método IDEF0 - *Integration Definition for Function Modelling* para formalização de um fluxo rigoroso, claro e preciso de atividades de desenvolvimento do sistema (SILVA NETO; TRABASSO, 2015; MARCA, 2013; ISO; IEC; IEEE, 2012; KIM; JANG, 2002; PRESLEY; LILES, 1998), foi realizado o desenvolvimento de um aplicativo com a convergência dos métodos TRL e DRL, visando aferir o nível de maturidade nos estágios de seleção de demandas/ideias e também no processo de seleção de propostas de projetos de P&D+I. No apêndice D é apresentado maiores detalhes sobre o método IDEF0.

A etapa 5 teve como objetivo a aplicação e validação do aplicativo desenvolvido da convergência dos métodos DRL e TRL no processo de gestão da inovação da Chesf. Como primeiro passo para o rito de validação e aplicação aplicativo, foi realizado levantamento documental de cada uma das demandas/ideias e das propostas de projetos de P&D+I selecionadas, e dos onze (11) produtos tecnológicos desenvolvidos. O objetivo deste levantamento documental foi de, a partir da fundamentação teórica levantada sobre os métodos DRL e TRL, e das evidências coletadas de cada um dos objetos de pesquisa, identificar o nível de maturidade preliminar percebido. Este primeiro passo serviu como primeiro artefato para julgamento da aderência dos resultados auferidos do nível de maturidade reportado pelo aplicativo desenvolvido. Após esta primeira comparação de resultados, ambos serão confrontados com a realidade efetivamente alcançada dos produtos em cada um dos estágios, informação que será reportada pelos próprios idealizadores/desenvolvedores. Em resumo, para validação dos relatório de nível de maturidade reportados pelo aplicativo desenvolvido, é realizado o procedimento de comparação através da triangulação de três fontes de dados (PATTON, 2002; YIN, 2001) a fim de verificar a existência da convergência dos resultados: (i) avaliação preliminar com a aplicação do conhecimento adquirido em DRL e TRL sobre as informações e dados extraídos do levantamento documental dos objetos de pesquisa; (ii) uso on-line do aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01 por parte dos responsáveis pelos objetos de pesquisa avaliando o nível de maturidade a partir da alimentação das informações e dados; (iii) aferição do nível de maturidade através da sensibilidade técnica dos responsáveis dos objetos de pesquisa os quais receberam preliminarmente sensibilização teórica sobre DRL e TRL para fundamentar o devido enquadramento nas escalas correspondentes.

As etapas 1, 2, 3 e 5 foram realizadas de forma não presencial, ou seja, utilizou-se aplicativos de reunião virtual pela elevada importância do isolamento social devido a pandemia

mundial do vírus SARS-CoV-2 (COVID 19). Todas as entrevistas (etapas 1 e 3) e atividades realizadas na etapa 5 ocorreram de forma intensa, mesmo sendo de forma virtual. A duração média de cada uma das ações realizadas foi em torno de quatro (04) horas de trabalho. O trabalho contou com a participação de trinta e oito (38) profissionais, sendo treze (13) funcionários da Chesf (técnicos e gestores) e 25 pesquisadores (entre doutores e mestres) das instituições parceiras: UFCG; CPQD; UFPA; ITA; UFPE; UPE; ITEM; PTI; SENAI CIMATEC-BA; SENAI RN; SENAI PE; TÁQUION INOVAÇÃO; CLAEQ.

### 3.1.2 Entrevistas Semiestruturadas

Para a realização das etapas 1 e 3 seguiu-se a modalidade de entrevistas semiestruturadas. Por se tratar de uma pesquisa qualitativa, as entrevistas e atividades realizadas foram conduzidas com o objetivo de estimular os entrevistados a falar livremente sobre os respectivos estágios do processo de gestão da inovação em estudo. O processo foi pautado por relações informais com o objetivo de que as respostas fossem mais fidedignas e sinceras. Neste contexto, o rito das entrevistas permitiu aos entrevistados total liberdade de expressão, possibilitando a liberdade de opinião, contextualizando-a livremente com a apresentação de dados e/ou de fatos (ROSA; ARNOLDI, 2017). Para execução das entrevistas semiestruturadas foi proposto protocolo de pesquisa para diligenciar e orientar o processo. Os protocolos podem ser consultados nos apêndices A e B.

A consecução dos protocolos adotados nesta pesquisa foi feita a quatro mãos, entre o pesquisador e o orientador, sempre buscando avaliar a pertinência das perguntas a consecução dos respectivos objetivos, a verificação do emprego de uma redação clara e concisa, e a formulação de novas hipóteses com a arguição de novas perguntas. A validação de ambos os protocolos foi realizada através da primeira entrevista com um dos profissionais do GGP&D+I Chesf, o qual possibilitou o refinamento das questões através da validação da aderência dos dados e das informações com os respectivos objetivos de pesquisa analisado.

Nesta pesquisa, as entrevistas foram gravadas com a autorização dos entrevistados utilizando ferramenta de comunicação *on-line* via Internet. O objetivo da gravação foi de permitir uma transcrição mais fidedigna e com total integridade, evitando-se inclusive a perda de informações de importância que poderiam ser esquecidas ao longo do tempo. No apêndice C encontra-se minuta do e-mail enviado aos profissionais da Chesf para o agendamento das entrevistas. Convém destacar que foi oferecido aos entrevistados a condução do processo e a

materialização da dissertação sem qualquer identificação dos participantes, ou seja, a identificação dos entrevistados será mantida sob sigilo individual e organizacional.

### 3.1.3 Pesquisa Bibliográfica, Documental e Levantamento de Dados

#### 3.1.3.1 Pesquisa Bibliográfica

Para o processo da pesquisa bibliográfica, etapa 2, foram adotadas as seguintes premissas:

i) primeiramente utilizar a base da Scopus Elsevier como primeira fase de busca para avaliar o grau do impacto inovativo da pesquisa; ii) preferência para publicações mais recentes (até 2009); iii) documentos com maiores citações mesmo que antigos, a fim de construir alicerce sólido à fundamentação teórica; iv) aprofundamento da pesquisa em todas as bases acessíveis através da ferramenta CAFE da Capes Periódicos e através do *Google Academic*.

A fim de formar a base inicial do referencial teórico e principalmente identificar o grau do impacto inovativo a ser proporcionado pela consecução do objetivo deste trabalho frente ao conhecimento existente, foi realizada preliminarmente o levantamento de publicações na base Scopus Elsevier.

O primeiro processo de busca foi direcionado ao levantamento dos documentos que tivessem como conteúdo a combinação dos dois métodos TRL e DRL. O objetivo foi de identificar o estado da arte dos temas tratados e principalmente avaliar o impacto inovativo proporcionado tanto de ordem setorial específico (setor elétrico brasileiro), como de ordem acadêmica pela geração de novos conhecimentos pelo grau de ineditismo da pesquisa.

O segundo processo de busca foi com foco no DRL e o terceiro passo foi a busca de documentos que abordassem TRL que é o método principal. A premissa principal seguida durante a filtragem dos documentos foi a da identificação dos principais documentos de referência (aqueles mais citados) e que tivessem alinhamento com o processo de gestão da inovação com foco no desenvolvimento tecnológico e transferência de tecnologia proporcionados pelo uso ou evolução dos métodos TRL e DRL.

Foi realizado levantamento dos documentos produzidos através das seguintes fórmulas de busca com as seguintes expressões:

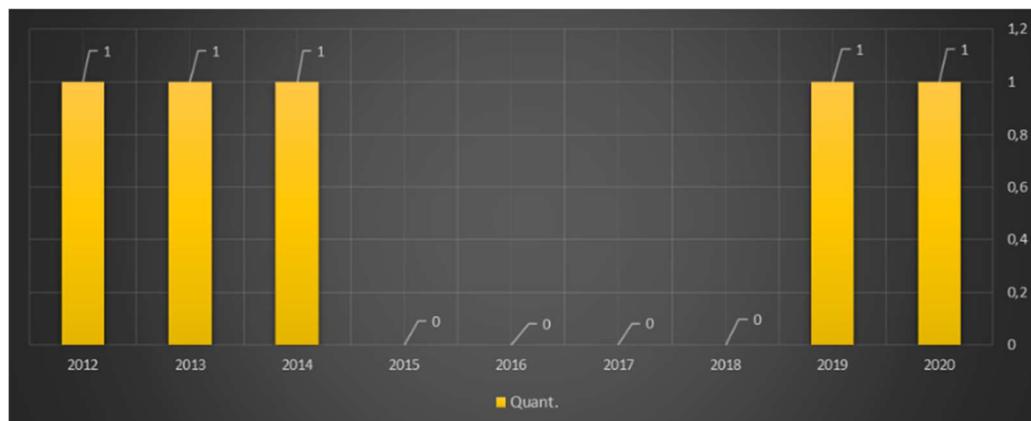
- TRL e DRL: “*technology readiness level*” OR “*readiness level*” OR “*readiness assessment*” AND “*demand readiness level*” OR “*demand readiness assessment*”;
- Foco DRL: “*demand readiness level*” OR “*demand readiness assessment*”;

- Foco TRL: “*technology readiness level*” OR “*readiness level*” OR “*readiness assessment*”.

Do primeiro processo de busca, foco na combinação dos dois métodos TRL e DRL, foi evidenciada a escassa quantidade de artigos, demonstrando o ineditismo e o potencial acadêmico do tema em estudo. Ficou demonstrado também o grau de impacto inovativo quando analisamos o resultado frente ao objetivo deste trabalho que é o desenvolvimento do método DRLxTRL e seu emprego no setor elétrico brasileiro. Não existem trabalhos de origem brasileira nesta conceituada base de artigos com foco no desenvolvimento teórico ou prático que trate da junção dos métodos TRL e DRL. Os artigos encontrados se resumem em um total de cinco, sendo um artigo da França, dois da Indonésia e dois de Singapura.

Além do pequeno quantitativo, conforme Gráfico 1, convém destacar que as publicações tratando a unificação dos métodos TRL e DRL são recentes, com histórico apenas de 7 anos, onde de 2015 a 2018 não tiveram publicações.

**Gráfico 1 Documentos publicados sobre TRL x DRL – Mundo.**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da Scopus Elsevier.

O primeiro documento listado nesta primeira fase de busca trata-se de Paun (2012), “*The demand readiness level scale as new proposed tool to hybridise market pull with technology push approaches in technology transfer practices*”, onde o autor propõe uma nova derivação do método TRL para avaliação do nível de maturidade, agora pelo lado do cliente. Paun (2012) intitulou o novo método de Nível de Maturidade da Demanda (DRL) e propôs a convergência do resultado do novo método com o resultado do método TRL. Trata-se de um dos principais documentos que alicerçam o desenvolvimento deste trabalho.

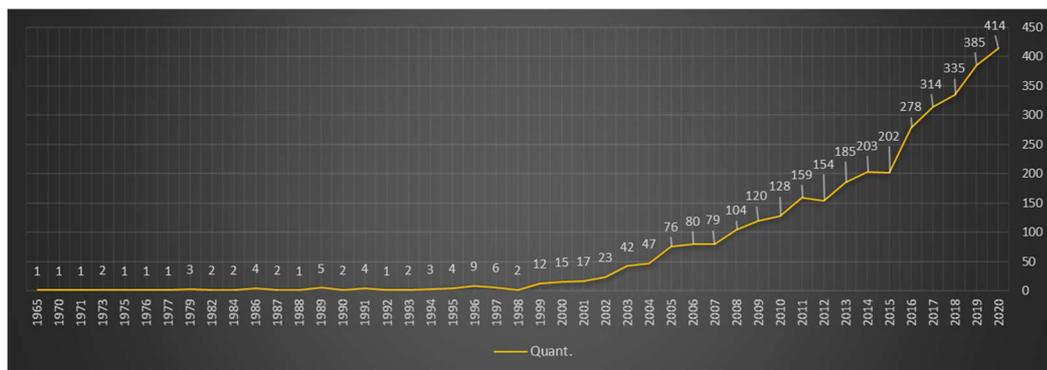
O segundo documento Sutopo et al. (2013) e o terceiro documento Astuti et al. (2014) apresentam aplicações práticas do método proposto por Paun (2012). Os autores analisam

através do método DRL o processo de entrada de mercado de um novo tipo de bateria de íons de lítio baseadas em nanopartículas de LiFePO<sub>4</sub> desenvolvido por uma universidade da indonésia. O quarto e quinto documentos, Liu; Subramanian; Chang (2019, 2020), avançam no estudo teórico e empírico sobre o método proposto por Paun (2012), e finalizam com validação empírica do método DRL. Todos os cinco documentos deste primeiro levantamento se destacam como fundamentação do desenvolvimento do objetivo principal deste trabalho.

No segundo momento foi realizado a busca utilizando a expressão “*demand readiness level*” OR “*demand readiness assessment*”. O foco foi o levantamento das publicações direcionadas ao método DRL. O resultado foi o mesmo da primeira pesquisa, ou seja, a base da Scopus Elsevier trouxe os mesmos documentos listados anteriormente, o que demonstra que as pesquisas acadêmicas buscaram desenvolver o método DRL como uma evolução do TRL e no sentido de realizar a junção dos dois conhecimentos para aplicação no processo de desenvolvimento tecnológico.

O terceiro passo foi a realização da busca utilizando a expressão “*technology readiness level*” OR “*readiness level*” OR “*readiness assessment*”. O objetivo foi de levantar os principais documentos de referência com relação ao método TRL. A busca relacionou o total de 3.432 documentos. Realizando a análise estatística dos 3.432 artigos obtemos a seguinte distribuição do desenvolvimento científico do modelo TRL ao longo dos anos, onde o primeiro artigo data de 1965. O Gráfico 2 mostra a evolução temporal dos artigos científicos publicados entre o período de 1965 a 2020.

**Gráfico 2 Documentos publicados sobre TRL – Mundo.**



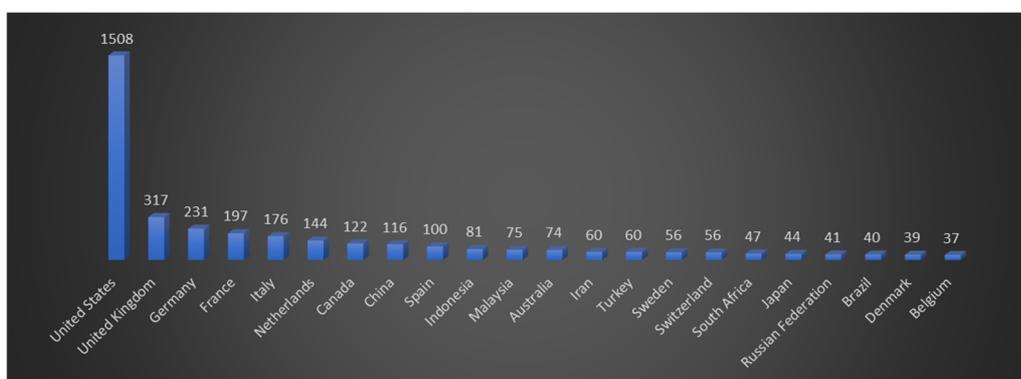
Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da Scopus Elsevier.

Observa-se que de 1965 a 1998 a quantidade de publicações praticamente se mantém constante. Em 1999 houve o primeiro ápice de crescimento de publicações, chegando a 500% (de 2 para 12 documentos publicados). O período de 1999 a 2009 caracteriza-se por uma taxa de crescimento médio aproximado de 71% com destaque para o crescimento de 83% entre 2002

e 2003. No último decênio (2010-2020) a taxa de crescimento foi ligeiramente menor com uma taxa média de 12%. Registra-se o comportamento progressivo de evolução que ocorreu após a publicação da norma ISO 16290:2013 passando de uma média de 141 publicações entre 2008 e 2013 para 304 publicações entre 2014 e 2020. Ademais o Gráfico 2 demonstra que o método é recente e que o desenvolvimento do conhecimento ainda cabe exploração científica.

No Gráfico 3 mostra o quantitativo de publicações e a participação dos principais países. De fato, temos a soberania de participação dos Estados Unidos em 1508 publicações, praticamente a soma do quantitativo das publicações dos 10 países seguintes (1559). A participação brasileira se resume a 40 documentos.

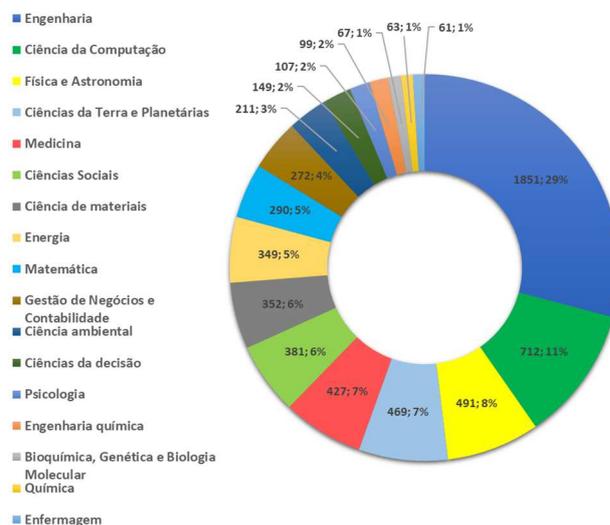
**Gráfico 3 Principais países com publicação sobre TRL – Mundo.**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da Scopus Elsevier.

Explorando os primeiros resultados, no Gráfico 4 a seguir é apresentada a distribuição dos documentos nas áreas tecnológicas de impacto. Convém destacar que um mesmo artigo científico pode impactar e contribuir em mais de uma área tecnológica.

**Gráfico 4 Documentos sobre TRL publicados por áreas tecnológicas – Mundo.**

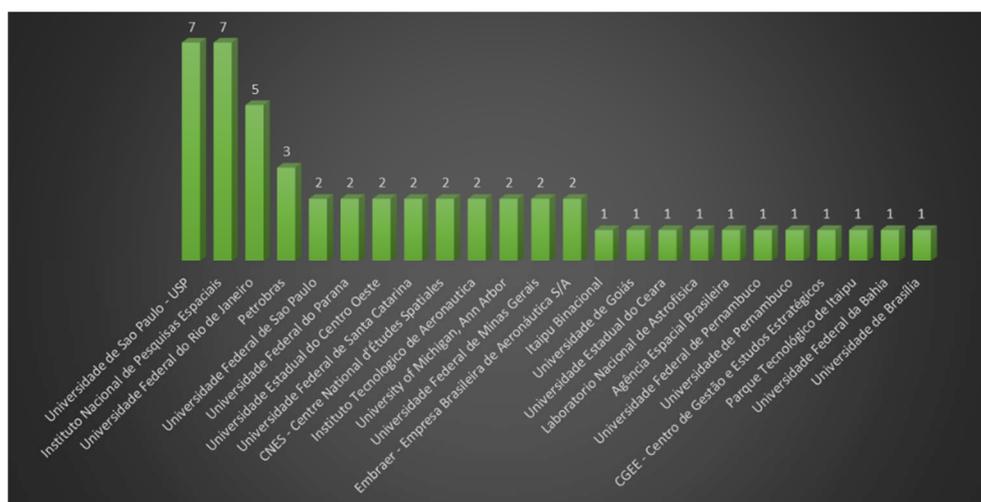


Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da Scopus Elsevier.

De fato, o resultado do Gráfico 4 acima demonstra que, as áreas das Engenharias (29%) e de Ciência de Computação (11%) são os principais focos de desenvolvimento. Quase a totalidade das publicações tratavam da aplicação prática do método TRL na análise de produtos tecnológicos ou de propostas de desenvolvimento tecnológico.

É de grande importância a este trabalho explorar os 40 documentos listados com participação brasileira. Primeiramente é importante identificar as principais instituições que participaram das 40 publicações conforme apresentado no Gráfico 5 abaixo.

**Gráfico 5 Instituições participantes em publicações sobre TRL – Brasil.**

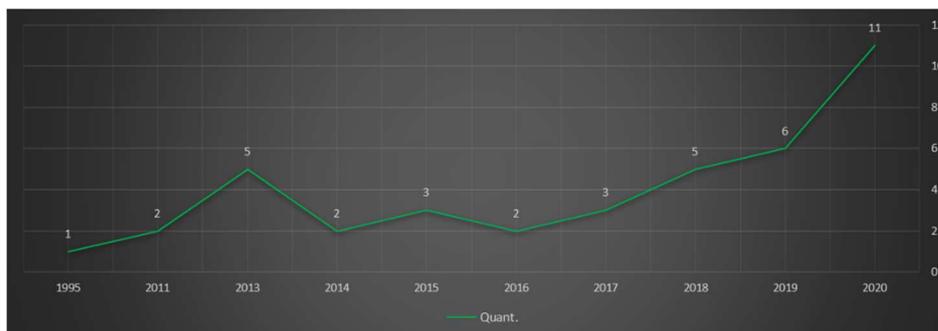


Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da Scopus Elsevier.

No Gráfico 5 pode-se observar que a maioria dos trabalhos foram realizados por instituições do sudeste, centro oeste e sul do Brasil com a participação do nordeste resumida a Universidade Estadual do Ceará (UECE), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade de Pernambuco (UPE) e Universidade Federal da Bahia (UFBA), todas com uma participação. Como destaque temos a Universidade de São Paulo (USP), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Petrobras.

Com relação ao quantitativo publicado e a escala temporal, o Gráfico 6 traz o retrato. A primeira publicação ocorreu em 1995 e somente ocorreu uma nova publicação 16 anos depois, em 2011. Em 2013 ocorreu o primeiro ápice das participações nacionais com cinco publicações. Convém destacar que em 2013 foi o ano da publicação da ISO 16290:2013 que normatizou internacionalmente o método TRL. A partir de 2013 todos os anos tiveram ao menos duas publicações, em 2018 o quantitativo aumentou para cinco, seis em 2019 e onze em 2020.

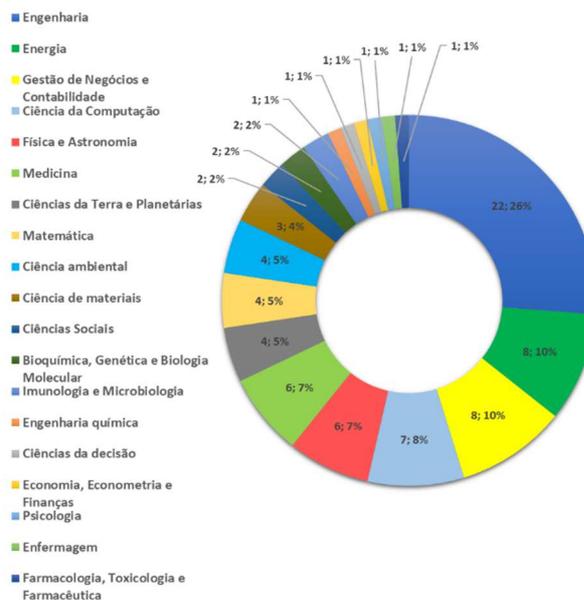
**Gráfico 6 Documentos publicados sobre TRL – Brasil.**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da Scopus Elsevier.

Explorando o quantitativo de documentos publicados por instituições brasileiras, no Gráfico 7 abaixo segrega-se as publicações por área tecnológica de geração de conhecimento em relação ao método TRL.

**Gráfico 7 Documentos sobre TRL publicados por áreas tecnológicas – Brasil.**



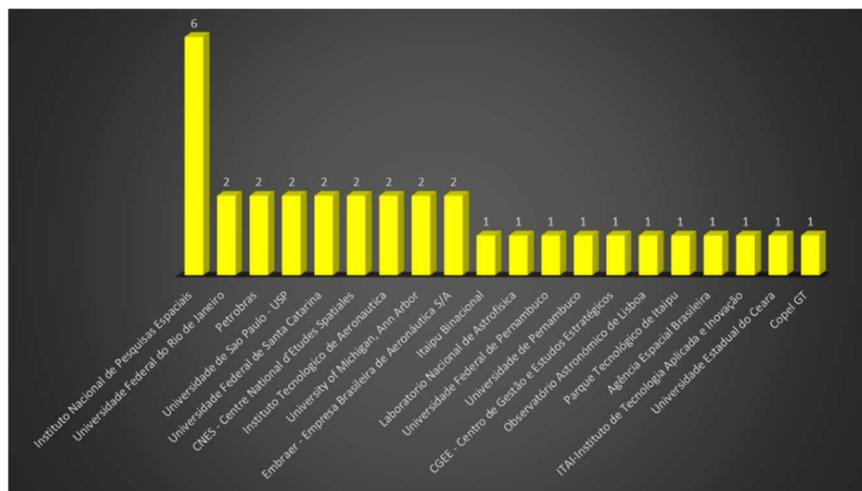
Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da Scopus Elsevier.

Pode-se concluir pelo Gráfico 7 que as publicações brasileiras acompanham a tendência mundial. Destacaram-se as áreas de Engenharia (26%), Energia (10%), Gestão de Negócios e Contabilidade (10%). Seguindo a mesma tendência mundial, os documentos em sua grande maioria tiveram foco na análise do nível de maturidade de produtos tecnológicos desenvolvidos ou das propostas de projetos de desenvolvimento tecnológico. Refinando ainda mais a análise, é importante a identificação da contribuição brasileira com relação as áreas tecnológicas de

Engenharia (22 documentos) e Energia (8 documentos) que são as duas áreas intensiva em conhecimento que têm ligação direta com o objetivo principal do trabalho ora proposto.

Pelo Gráfico 8 a seguir pode-se inferir que o INPE foi a instituição que mais publicou trabalhos no tema TRL voltado ao desenvolvimento de conhecimento na área tecnológica de Engenharia, um total de seis trabalhos. As demais instituições participaram de dois ou apenas de um documento. Importante registrar a prevalência da participação de instituições do sudeste, centro-oeste e sul do Brasil, mas com a participação da UFPE, UPE e da UECE em uma publicação cada.

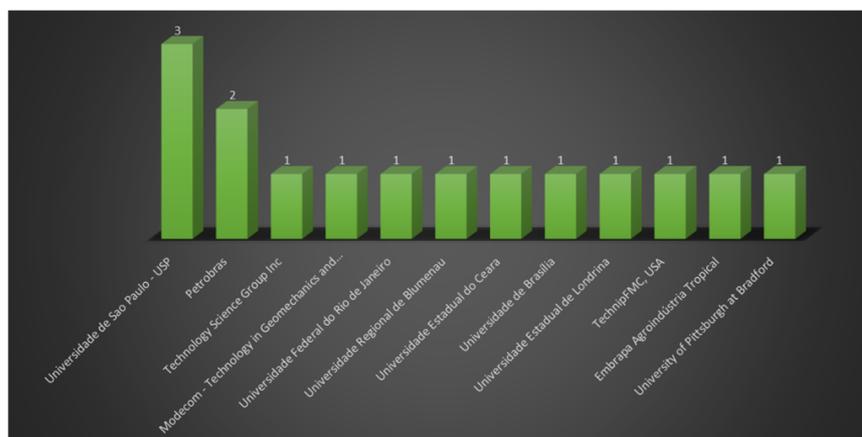
**Gráfico 8 Participação em Publicações - ENGENHARIA - Principais Instituições – Brasil.**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da Scopus Elsevier.

Com relação a área de energia, no Gráfico 9 abaixo também evidencia a predominância da participação de instituições de pesquisa do sudeste, centro-oeste e sul do Brasil. Destaque para USP (3) e UFRJ (2), contudo registra-se a participação da UECE.

**Gráfico 9 Participação em Publicações - ENERGIA - Principais Instituições – Brasil.**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da Scopus Elsevier.

Afunilando e analisando os documentos publicados com participação de instituições brasileiras para as duas áreas tecnológicas (Engenharia e Energia), relaciona-se o principal trabalho de relevância com contribuição ao desenvolvimento do objetivo principal deste trabalho: OTTO, R.B. et al (2019) “*Methodology for product development in R&D companies*”. Dos 40 documentos com participação brasileira listados na base Scopus Elsevier, o trabalho de Otto et al. (2019) é o que possui maior contribuição ao objetivo proposto neste trabalho, o que reforça a importância da pesquisa e o desenvolvimento proposto neste trabalho.

Convém elucidar que o trabalho de levantamento de publicações através da base Scopus Elsevier possibilitou identificar o ineditismo, relevância e grau do impacto inovativo do objetivo proposto, além da formação do referencial teórico inicial o qual foi utilizado para a busca de documentos adicionais em outras bases de referência. A resultante deste trabalho de levantamento forjou a fundamentação teórica apresentada a qual está alicerçada nas principais referências, possibilitando o desenvolvimento dos objetivos propostos.

A partir dos resultados levantados na Base Scopus Elsevier, foi realizado o aprofundamento e o refinamento da pesquisa através da ferramenta CAFE da Capes Periódicos e através do *Google Academic*. Como norte para o refinamento dos resultados foi utilizado os seguintes filtros iniciais:

- Documentos que apresentassem a teoria suporte à TRL e DRL;
- Documentos que discutissem vantagens e desvantagens dos métodos TRL e DRL;
- Documentos que apresentassem resultados da utilização dos métodos TRL e DRL;
- Documentos que discutissem a integração dos métodos TRL e DRL;
- Documentos que discutissem a integração dos métodos TRL e DRL e o processo de Gestão da Inovação;
- Documentos que apresentassem ferramentas ou aplicativos desenvolvidos para aplicação prática dos métodos TRL e DRL;
- Documentos que apresentem e discutam a aplicação dos métodos TRL e DRL em empresas do setor elétrico brasileiro.

Os periódicos recuperados foram estratificados e catalogados, por exemplo, por tipo de documento; por tipo de segmento, temas ou focos; por nível de importância; por nível de relevância ao trabalho, por publicações recentes etc. Nessa fase, realizou-se a identificação e estudo em profundidade da literatura pertinente aos eixos teóricos que sustentam os objetivos e hipóteses da pesquisa para redação do referencial teórico.

### 3.1.3.2 Procedimento de levantamento documental e de dados

Foi meta também da etapa 5 o levantamento documental e de dados dos objetos de pesquisa da Chesf que irão receber a avaliação do nível de maturidade. O procedimento teve como foco buscar documentos técnicos e administrativos das duas (2) demandas/ideias e das respectivas propostas de projetos de P&D+I selecionadas e dos onze (11) produtos tecnológicos desenvolvidos listados nos Quadro 1 e Quadro 2. O objetivo deste levantamento foi: i) catalogar os principais documentos; ii) formar o conhecimento sobre cada um dos objetos de pesquisa; iii) identificar informações relevantes para suprir o processo de avaliação do nível de maturidade conforme referencial teórico estudado; iv) aferir o nível de maturidade preliminar de cada um dos objetos de pesquisa para servir de artefato de verificação de compatibilidade com o resultado a ser reportado pelo Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico. Como o pesquisador é funcionário da empresa lócus da pesquisa o acesso ao material foi totalmente facilitado, uma vez que, o produto principal desta dissertação é de total interesse da alta gestão da Chesf.

Para o levantamento documental, não foi estipulado premissas e nem restrições quanto aos tipos de documentos. Pelo contrário, o espírito de busca foi aberto no intuito de resgatar qualquer informação e evidências de cada um dos objetos de pesquisa que contribuísse com o alcance dos objetivos propostos. Conforme Yin (2001), para garantir qualidade e confiabilidade dos dados deve-se buscar documentos de diversas fontes, sendo na visão do autor o mínimo de seis fontes. Para essa pesquisa as fontes de informação vieram de documentação física ou eletrônica, de registros em arquivos físicos ou eletrônicos, fotografias, vídeos, relatórios de desenvolvimento, publicações oficiais da empresa, dos artefatos físicos desenvolvidos (os próprios produtos tecnológicos) e das entrevistas semiestruturadas realizadas.

Outro momento chave desta pesquisa e que possibilitou o levantamento de dados e informações ocorreu no uso prático do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico. Este correspondeu a fase final da etapa 5. A aplicação ocorreu por meio da avaliação do nível de maturidade das duas (2) demandas/ideias, das propostas de projetos de P&D+I selecionadas e dos onze (11) produtos tecnológicos desenvolvidos. Através de um processo de uso *on-line* do aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01, os responsáveis reportaram as informações e dados característicos. Através destas informações foram gerados relatórios com a aferição do nível de maturidade de cada um dos objetos de pesquisa sob avaliação e a probabilidade de sucesso de um processo de transferência de tecnologia, ou seja, a “hibridização” e/ou o “*fit*” proposto por Paun (2012, 2011) e Liu, Subramanian, Hang (2020, 2019).

### 3.1.4 Procedimento de Análise das Informações e Evidências

Conforme Chizzotti (2006) pode-se utilizar diversos procedimentos de extração de informações e dados de um documento com intuito de formar conhecimento. Neste caso, deve-se identificar o procedimento mais adequado aderente ao tipo de material a ser analisado e dos objetivos a serem alcançados. Neste contexto, utilizou-se como técnica para análise das informações e evidências a análise de conteúdo, pois propicia a interpretação dos dados após a coleta além de ser uma técnica refinada que possui procedimentos sistemáticos (BARDIN, 2016; FLICK, 2009). Adicionalmente, conforme Chizzotti (2006, p. 98), “o objetivo da análise de conteúdo é compreender criticamente o sentido das comunicações, seu conteúdo manifesto ou latente, as significações explícitas ou ocultas”. Ademais, a técnica de análise de conteúdo vem tendo ótima aceitação nas pesquisas no campo da administração aqui no Brasil, principalmente em pesquisas qualitativas (DELLAGNELO; SILVA, 2005).

Flick (2009, p. 291) afirma que a análise de conteúdo “é um dos procedimentos clássicos para analisar o material textual, não importando qual a origem desse material”. De fato, a técnica de análise de conteúdo busca trabalhar os dados coletados com o objetivo de extrair informações e formar conhecimento sobre um determinado tema, subsidiando a verificação de hipóteses e/ou questões e a descoberta do que está nas entrelinhas dos conteúdos (VERGARA, 2005; MINAYO, 2002). Adicionalmente, Minayo (2002, p. 74) ainda afirma que “através da análise de conteúdo, podemos encontrar respostas para as questões formuladas e também podemos confirmar ou não as afirmações estabelecidas antes do trabalho de investigação (hipóteses)”. Utilizando-se do conhecimento de Creswell (2007) esquematiza-se no Quadro 16 os passos para análise dos documentos e dados levantados nesta pesquisa.

**Quadro 16 Passos da Análise de Conteúdo.**

Análise de Conteúdo – Creswell (2007)		Análise de Conteúdo Adotado na Pesquisa
<b>Organizar e Preparar os Dados</b>	Transcrever entrevistas, fazer leitura ótica de material, digitar notas de campo ou classificar e organizar os dados em diferentes tipos, dependendo das fontes de informações.	Após a realização dos levantamentos documentais e das entrevistas semiestruturadas foi realizado a transcrição minuciosa das informações classificada de acordo com cada tema de pesquisa.
<b>Leitura dos Dados</b>	Um primeiro passo geral é obter um sentido geral das informações e refletir sobre seu sentido global. Que ideias gerais os participantes expõem? Qual é o tom dessas ideias? Qual é a impressão geral sobre a profundidade, credibilidade e uso destas informações?	A partir dos dados e informações coletadas foi traçado diagnóstico geral e a convergência de ideias, ambas com elevado grau de confiabilidade e validade.

<b>Codificação</b>	Codificação é o processo de organizar os materiais em grupos e rotulá-los.	Todas as informações e dados foram organizados em categorias separando as que mais contribuiriam ao alcance dos objetivos específicos propostos.
<b>Descrição do Cenário</b>	Usar o processo de codificação para gerar uma descrição do cenário ou das pessoas além das categorias ou dos temas para análise. Descrição envolve fornecimento de informações detalhadas podendo gerar um pequeno número de temas ou categorias.	Através das informações levantadas e codificadas, foi realizada a descrição do cenário diagnosticado e o estado da arte do conhecimento nos temas trabalhados, além de boas práticas e evoluções.
<b>Representar</b>	Método mais popular é usar uma passagem narrativa para transmitir os resultados da análise.	Neste passo foi realizado discussão e reflexão detalhada sobre as informações de cada objeto de pesquisa e o diagnóstico da percepção da inserção dos métodos TRL e DRL no processo de tomada de decisão na gestão da inovação.
<b>Interpretar</b>	Um passo final na análise de dados envolve fazer uma interpretação ou extrair significado dos dados.	Neste passo foi extraído e formatado o conhecimento da realidade de cada objeto de pesquisa e do processo de gestão da inovação nas fases de ideação e de seleção de propostas de projetos de P&D+I de uma empresa do setor elétrico, confrontando com o estado da arte em relação a aderência dos métodos DRL e TRL como ferramentas de tomada de decisão, incluindo a percepção da sua importância pelos gestores do GGP&D+I Chesf.

Fonte: Adaptado de Creswell (2007, p. 195-199).

A categorização pode ser realizada a partir de um sistema de classificação já fornecido na literatura atinente ao tema de pesquisa. Conforme revisão da literatura acadêmica identifica-se que neste caso intitula-se as categorias pré-definidas (apriorísticas). Conforme Duarte (2004, p. 221) “as categorias de análise podem ser eleitas pelo pesquisador antes da realização das entrevistas [...], a partir de referências teórico/conceituais [...], [...] ou de um conhecimento prévio do campo empírico”. Baseado nesta máxima, a partir de documentos extraídos do referencial teórico e da experiência prévia do pesquisador, foram definidos as categorias e o enquadramento das unidades de análise casando-se com os objetivos específicos a serem alcançados, construindo assim os protocolos de pesquisa adotados para o processo de entrevistas semiestruturadas (CAMPOS, 2004).

No apêndice A temos o protocolo de pesquisa com a estruturação das entrevistas semiestruturadas contendo o casamento com o objetivo específico: “Analisar o Contexto Atual do Processo de Seleção de Demandas/Ideias e de Propostas de Projetos de P&D+I Adotado pela

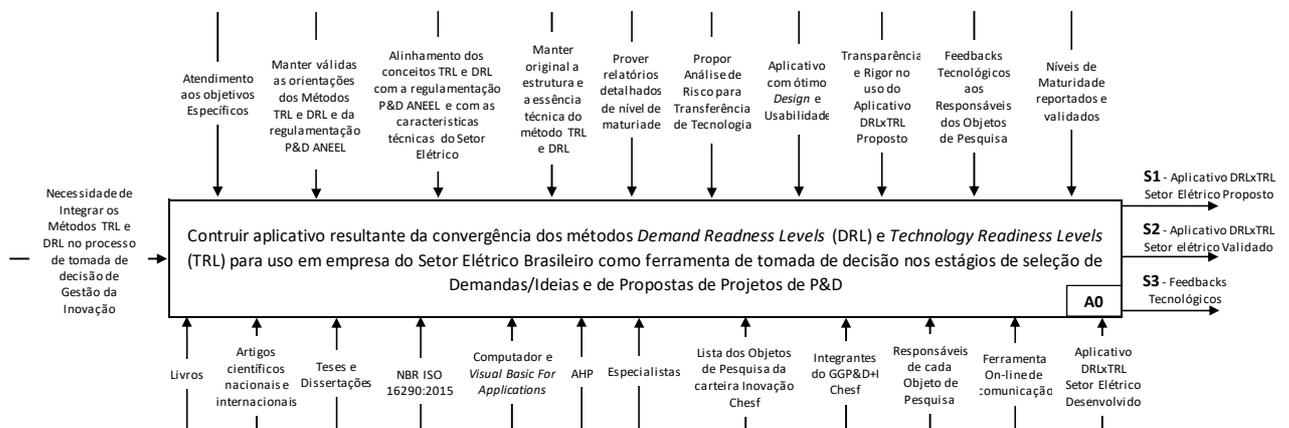
Chesf”; com a cobertura temática teórica e as respectivas questões que foram respondidas por cada um dos entrevistados. No apêndice B temos o protocolo de pesquisa com a estruturação das entrevistas semiestruturadas contendo o casamento com o respectivo objetivo específico: “Avaliar os Métodos DRL e TRL para Aplicação no Processo de Gestão de Inovação da Chesf nos Estágios de Captação de Demandas/Ideias e de Seleção de Projetos de P&D-I”; com a cobertura temática teórica e as respectivas questões que foram respondidas por cada um dos entrevistados.

### 3.1.5 Procedimento de Modelagem e Validação do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico Proposto

Para efetivação da atividade de modelagem, implementação e validação do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico, atividade das etapas 4 e 5, foi utilizada a aplicação da norma internacional ISO/IEC/IEEE 31320:2012-1 no tocante ao método IDEF0<sup>3</sup> (*Integration Definition for Function Modelling*). O objetivo da utilização do método IDEF0 foi de adotar procedimento que conferisse rigor metodológico, precisão, confiabilidade e clareza ao processo de desenvolvimento, implementação e validação do aplicativo. O método IDEF0 foi utilizado para formalizar os processos e os respectivos fluxo das atividades com a definição das entradas, saídas, recursos (mecanismos) e controle (SILVA NETO; TRABASSO, 2015; ISO; IEC; IEEE, 2012; KIM; JANG, 2002; PRESLEY; LILES, 1998).

Seguindo as orientações de ISO; IEC; IEEE (2012), a Figura 5 a seguir apresenta o primeiro nível hierárquico (A0) do processo de adaptação, construção, aplicação e validação do aplicativo.

**Figura 5 Modelagem IDEF0 – Primeiro Nível Hierárquico.**



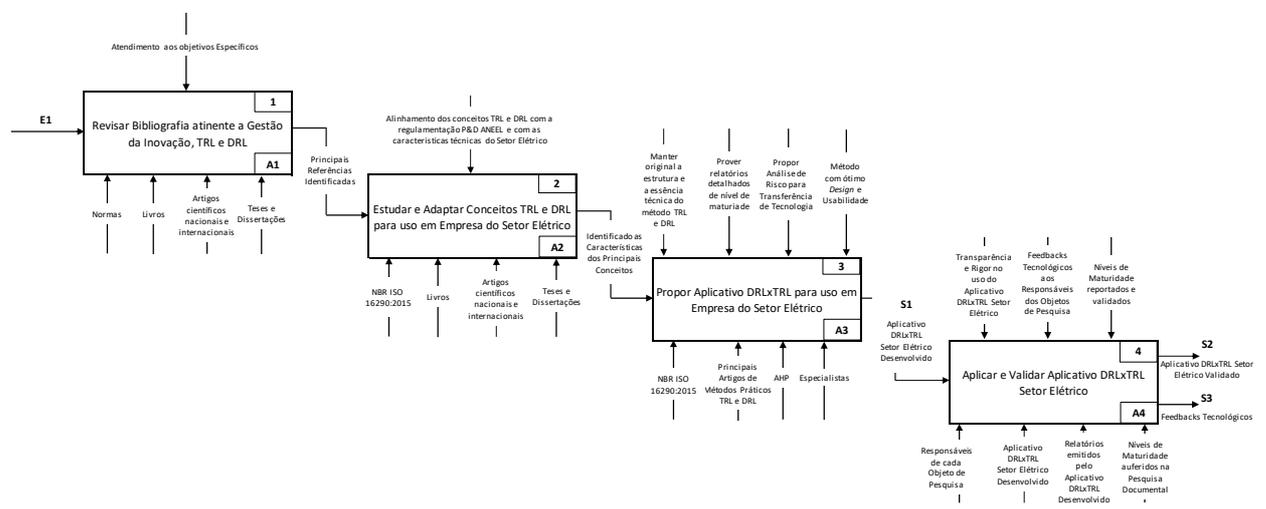
Fonte: Elaborado pelo Autor.

<sup>3</sup> Maiores detalhes sobre o Método IDEF0 ver apêndice D

Conforme método IDEF0 pode-se observar no centro do quadro da Figura 5 o objetivo principal a ser desenvolvido, na parte superior do quadro os controles que devem ser revisitados para manter o desenvolvimento alinhado com o alcance do objetivo, na parte de baixo do quadro estão os mecanismos/recursos que serão utilizados para o desenvolvimento das atividades. No lado esquerdo do quadro temos o *input* principal que neste nível geral personifica-se a necessidade principal que demandou o respectivo desenvolvimento. No lado direito do quadro temos as saídas finais do desenvolvimento. Neste caso obtém-se o Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico proposto e validado com os *feedbacks* tecnológicos recebidos dos profissionais que participaram do uso e validação.

Conforme norma ISO; IEC; IEEE (2012) realizou-se o desdobramento do nível A0 acima com a formatação do segundo nível hierárquico mostrado na Figura 6. Na figura pode ser observado os processos principais do desenvolvimento do aplicativo: i) Processo A1 - Revisar Bibliografia atinente a Gestão da Inovação, TRL e DRL; ii) Processo A2 - Estudar e Adaptar Conceitos TRL e DRL para uso em Empresa do Setor Elétrico; iii) Processo A3 - Propor Aplicativo DRLxTRL para uso em Empresa do Setor Elétrico e; (iv) Processo A4 - Aplicar e Validar Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico.

**Figura 6 Modelagem IDEF0 – Segundo Nível Hierárquico.**



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Observa-se que o segundo nível hierárquico possui seus objetivos devidamente delineados em quatro (04) quadros, com os respectivos *inputs*, itens de controle, os mecanismos/recursos de desenvolvimento e ao lado direito as respectivas saídas com os resultados esperados alimentando o próximo quadro de desenvolvimento. A partir do segundo nível hierárquico, seguindo as orientações da norma, foi realizado o desdobramento de cada um

dos quadros identificando as respectivas atividades formando assim o terceiro e último nível hierárquico. A apresentação do terceiro nível hierárquico para cada um dos processos será apresentado no capítulo 4.2, uma vez que a partir deste nível serão apresentados os detalhes do desenvolvimento de cada atividade e os respectivos resultados. No apêndice E é demonstrado todos os níveis hierárquicos IDEF0 e suas interligações que conduziu o desenvolvimento do aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico.

Para validação do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico e dos resultados reportados, foi utilizado o procedimento de comparação através da triangulação de três fontes de dados, verificando a existência da convergência dos resultados conforme proposto por Yin (2001) e Patton (2002). Os autores Denzin; Lincoln (2000), Maxwell (1996) e Gaskell; Bauer (2010) defendem que a triangulação reduz as inconsistências e contradições da pesquisa, e o risco de que as conclusões de um estudo tragam consigo enviesamentos ou limitações do uso de um único método de pesquisa. Trata-se de uma estratégia que acrescenta rigor, amplitude, complexidade, riqueza, profundidade e acurácia a investigação (PATTON, 2002; DENZIN; LINCOLN, 2000; YIN, 2001).

### 3.1.6 Critérios de Validade e Confiabilidade

Para construção desta pesquisa foi adotado as seguintes premissas: clareza, esmero, rigor metodológico, precisão, procedimento de testes e checagem de resultados, validação interna e externa de resultados. O objetivo de se adotar todas estas premissas seja no levantamento de documentos, nas entrevistas, no levantamento de dados, no desenvolvimento do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico e na sua aplicação e validação prática, foi no sentido de conferir aos resultados alto nível de confiabilidade e elevado grau de validade conforme preconiza Creswell (2007) e Yin (2001).

Adotando estas premissas maximiza-se o potencial de replicação, expansão e a generalização dos resultados com relação a teoria e o conhecimento gerado (YIN, 2001) às demais empresas do setor elétrico brasileiro, bem como, possibilita novas adaptações e aplicações nos diversos atores participantes do Sistema Nacional de Inovação, sejam pequenas, médias e grandes empresas, universidades, centros de pesquisa, e instituições de fomento conforme preconiza Liu; Subramanian; Hang (2020, 2019), Sutopo et al. (2013), Hjorth; Brem (2016) e Paun (2012, 2011).

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Processo Atual de Seleção de Demandas/Ideias e Propostas de Projetos de P&D+I da Chesf e a Importância dos Métodos TRL e DRL

A partir da definição dos protocolos de pesquisa, apêndice A e B, foi realizado as etapas 1 e 3 de entrevistas semiestruturadas com a equipe de GGP&D+I da Chesf. As entrevistas contaram com a participação de seis integrantes da equipe de gestão de pesquisa, desenvolvimento e inovação da Chesf. No total foram oito (8) encontros virtuais com um tempo médio de três (3) horas de entrevista. Mantendo a confidencialidade dos participantes, adotaremos neste trabalho a notação “Funcionário” quando for citada alguma resposta/opinião de algum profissional no texto, seguindo o que foi previamente acordado durante o processo de agendamento conforme minuta do e-mail (apêndice C).

As entrevistas tiveram dois objetivos principais: i) entender como é feito atualmente o processo de captação e seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I pela Chesf, ou seja, nos estágios iniciais do processo de gestão inovação; ii) resgatar a percepção dos gestores quanto a importância e aplicabilidade dos métodos TRL e DRL ao contexto do setor elétrico para avaliar o nível de maturidade das propostas nos respectivos estágios. Para o êxito deste último objetivo, foi proporcionado aos participantes apresentação da fundamentação teórica sobre os métodos TRL e DRL, abordando entre outros aspectos: a motivação do desenvolvimento, a finalidade, aplicação, a agregação de valor ao processo de gestão da inovação e as orientações das normas ISO 16290:2013 e NBR ISO 16290:2015.

O processo das entrevistas foi pautado pela atmosfera amistosa e cordial, sempre estimulando o entrevistado a falar livremente sobre o tema abordado na questão, o que possibilitou informações fidedignas e com elevado grau de sinceridade. A fim de dinamizar o processo e nos enquadrar na disponibilidade dos seis (6) participantes, foi buscado realizar em apenas um encontro virtual os dois protocolos de pesquisa. Apenas com dois participantes não foi possível a conclusão dos trabalhos em apenas um encontro devido compromisso de última hora pelo entrevistado, o que resultou em oito (8) encontros no total.

O processo das entrevistas começou pelo nivelamento teórico sobre os métodos de avaliação do nível de maturidade (TRL e DRL) e o emprego no processo de gestão da inovação. O processo de nivelamento e troca de conhecimento foi extremamente salutar ao processo da pesquisa que incluiu *feedbacks* positivos que agregaram diretamente ao processo de desenvolvimento do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico.

Seguindo a agenda e protocolos de pesquisa (apêndice A e B), foi aplicado o processo de entrevista individual com cada um dos integrantes do GGP&D+I da Chesf. O processo foi dividido em três partes:

- a) resgatar o processo atual de seleção de demandas/ideias;
- b) reflexão sobre o processo atual de seleção de propostas de projetos de P&D+I e;
- c) percepção dos entrevistados sobre os métodos TRL e DRL e aplicação no processo de gestão de inovação.

Aplicando o procedimento de análise de conteúdo (CRESWELL, 2007) do material produzido para as três partes das entrevistas, é relacionado abaixo as características principais do cenário diagnosticado.

#### 4.1.1 Processo atual da Chesf de seleção de demandas/ideias

A primeira parte contou com uma bateria de oito (08) perguntas com o objetivo de realizar com os entrevistados a reflexão sobre o processo no tocante a: i) pontos fortes e fracos do processo atual; ii) necessidade de metodologia que suporte o processo de avaliação, seleção e tomada de decisão; iii) necessidade da definição da fase da cadeia da inovação que o futuro projeto deverá ser enquadrado para comparação com o solicitado pela demanda/ideia; iv) avaliação da viabilidade das demandas/ideias no tocante ao nível de maturidade das informações técnicas, administrativas e de negócio (financeiro/econômico). Como resultado teve-se as características principais do processo de acordo com o diagnóstico exposto pelos entrevistados:

- ✓ As demandas veem diretamente das áreas técnicas, mas não existe metodologia estruturada de suporte a avaliação e seleção de demandas/ideias. O processo é simples e aberto, mas não é rigoroso. Todavia, sempre tem o foco de receber e colocar para frente as ideias que estejam alinhadas com a estratégia da empresa;
- ✓ Um ponto forte é a democratização do processo. O processo incentiva para que todos os funcionários participem. Como ponto fraco é necessário buscar adaptar metodologia com critérios definidos para o processo de avaliação, seleção e formação da carteira de demandas/ideias. É necessário diminuir a subjetividade do processo de seleção;
- ✓ A Chesf não possui metodologia que apoie o processo de tomada de decisão e tratamento de demandas/ideias. Muitas das vezes a análise é pessoal e dependente do conhecimento as vezes restrito de um grupo ou de uma pessoa;

- ✓ Por ter um procedimento simples de captação e seleção de demandas/ideias é oportuno o desenvolvimento de metodologia que possa identificar a fase da cadeia de inovação na qual uma futura proposta de projeto de P&D+I tenha que possuir para buscar desenvolver o nível de produto demandado;
- ✓ Os entrevistados foram unânimes no diagnóstico que não basta a Chesf ter normatização que esclareça o processo de submissão de demandas/ideias de inovação, é preciso adaptar metodologia que de suporte as tratativas necessárias para prospectar e selecionar demandas/ideias. A mesma deverá possuir requisitos e critérios na busca de diminuir a subjetividade e maximizar a impessoalidade e a imparcialidade do processo;
- ✓ Nos últimos anos o processo de gestão da inovação da Chesf evoluiu consideravelmente. No entanto é necessário avanços no processo com adaptação e uso de metodologias que deem suporte a avaliação das demandas/ideias buscando garantir a completude das informações técnicas, administrativas e de ordem financeira/econômica para o êxito no processo de seleção de propostas de projetos de P&D+I.
- ✓ O processo de pesquisa, desenvolvimento e inovação da Chesf busca alavancar novos negócios e o atendimento a suas demandas tecnológicas através do atendimento regulatório demandado pela Lei nº 9.991/2000 e também pelo que é proporcionado pela Lei de Inovação nº 10.973/2004, pelo novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação (Lei nº 13.243/2016) e seu decreto nº 9.283/2018 e também pela oportunidade gerada dos benefício fiscais trazida pela Lei do Bem nº 11.196/2005.

#### 4.1.2 Processo atual de seleção de propostas de projetos de P&D+I

Na sequência foi realizada a segunda parte das entrevistas com objetivo de realizar reflexão com os entrevistados sobre o processo atual da Chesf de seleção de propostas de projetos de P&D+I para fazer frente às demandas/ideias selecionadas. Para direcionar o processo contou-se com oito (08) perguntas abrangendo os seguintes aspectos: i) como é o processo atual e os pontos fortes e fracos; ii) avaliação dos requisitos e critérios com relação ao grau de subjetividade no processo de avaliação; iii) existência de metodologia ou ferramenta que apoie o processo de reflexão sobre a maturidade da proposta olhando quesitos técnicos/administrativos e de negócio; iv) existência no processo da análise de convergência

entre a maturidade da demanda/ideia com a maturidade da proposta de projeto de P&D+I. Como resultado teceu-se as características principais do processo de acordo com o diagnóstico exposto pelos entrevistados:

- ✓ Descrição do processo atual pelos entrevistados: o processo inicia a partir de demandas/ideias internas. Após rito inicial de análise da demanda/ideia, é formatada a chamada pública para seleção de propostas de projetos de P&D+I com critérios e requisitos. As propostas são produzidas pelas instituições com ferramentas própria da Chesf, que basicamente coleta as informações de planejamento de um projeto buscando atender os requisitos da ANEEL e da Lei das Estatais nº 13.303/2016. As propostas são submetidas em plataforma Web onde é realizado o processo de avaliação. O processo de seleção é regido pelo documento da chamada pública, com aplicação dos requisitos e critérios. Após o ranqueamento das propostas, a primeira colocada é apresentada as superintendências e a diretoria. Após a aprovação das instâncias superiores é iniciado o processo de contratação;
- ✓ O processo atual de investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação da Chesf evoluiu bastante nos últimos 10 anos. Hoje busca-se evolui-lo ainda mais com os avanços que o Brasil promoveu nas leis que dão suporte ao processo de inovação (Lei de Inovação nº 10.973/2004 e o Novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação – Lei nº 13.243/2016);
- ✓ A Chesf possui procedimento normatizado de investimento em inovação, contudo o processo precisa evoluir com relação a adaptação de metodologia que desse suporte no tocante a diminuir a subjetividade do processo de avaliação/seleção filtrando propostas de projetos de P&D+I que tenham maturidade condizente ao que foi demandado na chamada pública, e que permita o acompanhamento da evolução da maturidade durante o processo de desenvolvimento. Pontos de destaque é a interação entre as áreas técnicas e de gestão da inovação no processo de seleção e a forte interação com as instituições proponentes sempre de forma transparente;
- ✓ Os entrevistados foram unânimes em afirmar que de fato o processo atual de seleção possui um elevado grau de subjetividade quando da aplicação dos critérios. Essa tendência tem provocado em alguns casos divergência que, no decorrer do processo é tratada, mas o ideal seria a adoção de metodologia que diminui-se ou zera-se esta característica;

- ✓ Foi relatado que o processo atual carece de metodologia que possibilite as instituições proponentes a reflexão sobre o que está sendo proposto no projeto em termos do nível de maturidade para com os requisitos técnicos, administrativos e de negócio. Seria um grande avanço que fosse adotado ou adaptado alguma metodologia que trata-se esta questão;
- ✓ Relataram a necessidade de se implementar metodologia que possibilite a gestão da inovação buscando acompanhar o desenvolvimento dos produtos, principalmente no tocante a evolução da maturidade, da execução do cronograma físico e financeiro e do gerenciamento dos riscos. Essa estrutura busca maximizar o alcance dos produtos demandados e a geração de novos negócios através do processo de licenciamento tecnológico via transferência de tecnologia;
- ✓ No processo atual já existem aspectos que tentam orientar ou despertar nos proponentes a importância de se tratar futuros negócios a partir do que será desenvolvido na proposta de projeto, no entanto foi relatado que de fato é fundamental que ocorra uma evolução neste quesito buscando metodologia que de suporte a geração de projetos com este importante foco;
- ✓ A adaptação de uma metodologia que apoie o processo de tomada de decisão no tocante a diminuir a lacuna entre as demandas/ideias e as propostas de projetos e ou de seleção de produtos tecnológicos seria um grande avanço ao processo atual. No processo atual não existe metodologia que possibilite a avaliação da maturidade entre o que é solicitado na demanda/ideia com a maturidade da proposta de projeto.

#### 4.1.3 Aplicação dos métodos TRL e DRL no processo de gestão de inovação - percepção dos entrevistados

Dando sequência ao processo das entrevistas com a equipe GGP&D+I Chesf, foi realizada a última parte do processo de entrevistas com objetivo de identificar a percepção dos entrevistados sobre os métodos TRL e DRL e aplicação no processo de gestão de inovação. Para direcionar o processo contou-se com dezesseis (16) perguntas abrangendo os seguintes aspectos: i) existência de metodologia na Chesf que suporte a caracterização das demandas/ideias e a aderência aos objetivos empresariais; ii) importância do diagnóstico da caracterização da demanda/ideia em termos de iniciativas internas, recursos (técnicos, administrativos), benefícios e impactos a serem proporcionados pela solução; iii) importância

de metodologia que assegure o casamento entre a necessidade interna e a oferta externa de projetos; iv) importância de se manter durante o desenvolvimento o alinhamento do produto com a essência do conceito originalmente demandado; v) importância de uso de metodologia de aferição do nível de maturidade no processo de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos; vi) importância de metodologia que avalie o nível de maturidade do produto no decorrer do desenvolvimento acompanhando sua evolução; vii) importância de metodologia de avaliação da evolução do nível de maturidade para o processo de tomada de decisão de continuidade ou para abortar projetos; viii) existência de projetos que passaram por desafios diversos e os que tiveram aumento dos custos por falta de planejamento inicial; ix) existência de propostas de projetos desalinhadas com as demandas/ideias, projetos que não tiveram êxito e os que tiveram produtos implantados. Como resultado foi exposto pelos entrevistados as seguintes percepções iniciais:

- ✓ A Chesf desconhecia as metodologias TRL e DRL apresentadas e o potencial de aplicação nas fases de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I;
- ✓ No processo atual não existe metodologia que permita a avaliação das demandas/ideias que surgem internamente buscando a avaliar a aderência com os objetivos empresariais. Os entrevistados reforçaram por unanimidade a elevada importância da adaptação e inserção da metodologia DRL no processo de gestão da inovação da empresa e a estendendo-a para todas as demais empresas do grupo Eletrobras;
- ✓ Adicionalmente concluíram que a extrema relevância da adaptação da metodologia DRL fundamenta-se na possibilidade de se avaliar desde o início do processo o nível de maturidade das informações internas, sejam elas técnicas, administrativas ou econômicas/financeira, necessárias para o desenvolvimento das futuras soluções. Os entrevistados visualizaram que a metodologia pode mostrar onde é preciso atuar para buscar ou melhorar as informações necessárias para o futuro desenvolvimento dos projetos de P&D+I;
- ✓ Todos os entrevistados foram unânimes em dizer da importância do diagnóstico precoce do nível de caracterização da demanda/ideia com relação aos impactos e benefícios a serem proporcionados pela futura solução a ser desenvolvida. Concluíram que facilitará muito o processo de decisão de dar prosseguimento as tratativas, uma vez que ao final de um processo de avaliação com a metodologia DRL poderão ser aparadas as diversas arestas quanto a qualidade das informações

para um futuro desenvolvimento da solução, possibilitando visualizar com clareza os benefícios e impactos almejados;

- ✓ Com relação a importância do casamento entre as propostas de projetos de P&D+I e as demandas internas, todos os entrevistados foram unânimes sobre a relevância desse alinhamento, o que facilita muito o processo de avaliação e o futuro desenvolvimento. Ressaltaram que de fato nas últimas chamadas públicas de P&D+I a Chesf recebeu propostas desalinhadas, cerca de 10% do total das propostas participantes do certame;
- ✓ Com relação aos fatores que levaram a ocorrência da situação exposta acima, foi informado que passa pela falta da leitura pormenorizada do documento da chamada pública; a disponibilidade pela Chesf de informações adicionais que deem suporte a formulação das propostas de projeto ou a ocorrência de aspectos de natureza subjetiva. Em alguns casos, notasse que algumas propostas demonstraram falta de recursos necessários para o desenvolvimento do objeto da chamada pública, chegando a propor pesquisas com baixo nível de maturidade ou até de produtos intermediários ou com pouca ou nenhuma correlação com o nível do produto demandado na chamada pública;
- ✓ Os entrevistados foram unânimes em afirmar a extrema importância de se manter sob avaliação e controle a aderência total do que está sendo desenvolvido com relação ao conceito original do problema a ser resolvido oriundo da demanda/ideia. Relataram que no passado recente ocorreu projetos em que houve um certo distanciamento entre o que foi produzido com a expectativa final do cliente, o que resultou em produtos que não podiam ser aplicados na prática;
- ✓ Dos seis entrevistados, cinco relataram ter conhecimento de projetos de P&D+I que no passado recente passaram por grandes desafios devido à falta de maturidade no planejamento inicial por parte das instituições de pesquisa, seja em etapas de desenvolvimento como nos recursos necessários. O quantitativo de projetos citados preliminarmente<sup>4</sup> durante as entrevistas e que foram enquadrados na realidade exposta variou entre 1 a 5 projetos de um total de 25 projetos concluídos nos últimos 5 anos, ou seja, em torno de 8,0% do total dos projetos;

---

<sup>4</sup> Esta pesquisa não teve o objetivo de levantar o número preciso de projetos que se enquadram no objeto da pergunta. O objetivo foi buscar evidências que o problema tratado na pesquisa acomete também uma empresa do setor elétrico.

- ✓ Dos seis entrevistados, cinco relataram ter conhecimento de projetos de P&D+I que pelo desconhecimento do nível do desafio técnico por parte das instituições de pesquisa, os mesmos acabaram sendo abortados/descontinuados ou não alcançaram o produto almejado. O quantitativo de projetos citados preliminarmente<sup>4</sup> durante as entrevistas e que foram enquadrados na realidade exposta variou entre 1 e 5 projetos de um total de 25 projetos concluídos nos últimos 5 anos, ou seja, em torno de 12,0% do total dos projetos;
- ✓ Com relação a variação dos custos durante o desenvolvimento, dos seis entrevistados quatro relataram ter conhecimento de projetos que apresentaram esta elevação. Relataram que a maioria dos projetos que sofreram aumento foi essencialmente ocasionado pelo desconhecimento por parte das instituições de pesquisa do elevado desafio a ser solucionado. Relataram ainda que também pode ter sido provocado pelo baixo grau da maturidade do planejamento das etapas e recursos necessários e em alguns poucos casos, o aumento provocado foi devido à variação cambial que afetou alguns recursos materiais importados. O quantitativo de projetos citados preliminarmente<sup>4</sup> durante as entrevistas e que foram enquadrados na realidade exposta variou entre 1 e 3 projetos de um total de vinte e cinco (25) projetos concluídos nos últimos 5 anos, ou seja, em torno de 4,0% do total dos projetos;
- ✓ Foram unânimes e afirmaram que é muito oportuno o desenvolvimento de metodologia que possibilite a avaliação da aderência entre o nível de maturidade da demanda/ideia e o nível de maturidade tecnológica da proposta de projeto de P&D+I. Ainda afirmaram que seria de grande importância, após o início do projeto, o acompanhamento durante o desenvolvimento do nível de maturidade do produto, esta ação seria de extrema relevância, pois diminuiria atrasos de cronograma, o aumento dos riscos e da consequente elevação dos custos;
- ✓ No tocante ao quantitativo de projetos que resultaram em produtos tecnológicos que atenderam completamente a demanda inicial e os que foram devidamente implantados na empresa, todos os entrevistados relataram a existência de pelo menos um (01) produto em ambos os casos. O quantitativo de projetos citados preliminarmente durante as entrevistas<sup>4</sup> e que foram enquadrados na realidade exposta variou entre 1 e 6 projetos de um total de vinte e cinco (25) projetos concluídos nos últimos 5 anos, ou seja, em torno de 16,0% dos produtos atenderam a demanda inicial e destes 12% foram implantados na empresa. No

entanto, nenhum dos produtos foi explorado além das fronteiras da empresa, ou seja, alcançou mercado;

- ✓ Conforme relatos, a maioria dos projetos de P&D+I finalizados no últimos 5 anos resultaram em produtos. Todavia não alcançaram o nível técnico desejado o que impossibilitou, num primeiro momento, a inserção do mesmo na rotina da empresa ou seu uso no ambiente final de destino. Os produtos precisam ser amadurecidos com o desenvolvimento de novos projetos, buscando assim aperfeiçoar os detalhes com a devida certificação técnica para implantação no ambiente operacional da empresa;
- ✓ Considerando o quantitativo estimado por cada um dos entrevistados de projetos que não foram concluídos ou que não obteve o produto demandado, bem como o quantitativo de produtos que atenderam completamente a demanda inicial e que foram devidamente implantados na empresa, foi calculado o percentual aproximado de produtos tecnológicos que precisam de novos desenvolvimentos para o amadurecimento tecnológico. O valor aproximado ficou em torno de 76,0%.

Após reflexão sobre o passado recente de desenvolvimento de tecnologias através dos projetos de P&D+I, os entrevistados por unanimidade afirmaram que é de grande importância que os métodos DRL e TRL sejam adaptados para uso no processo de gestão da inovação dentro das especificidades demandadas pelo setor elétrico e sua regulamentação. Os métodos agregariam muito ao processo desde o estágio inicial (seleção de demandas/ideias), passando pela seleção de propostas de projetos de P&D+I ou de seleção de produtos tecnológicos oriundo de *Startups* (para investimento final), como também durante o processo de desenvolvimento como forma de acompanhar a evolução dos produtos até a finalização. Caracterizando este importante diagnóstico final, abaixo é reproduzido comentário espontâneo feito por um dos entrevistados após a finalização da entrevista.

A minha expectativa é que com esta ferramenta, que é muito criteriosa na avaliação, eu acredito que a gente vá evitar os problemas que enfrentamos quando a gente envia o projeto à ANEEL para avaliação. Então, minha expectativa em relação a utilizar esta ferramenta logo na primeira fase de recebimento da ideia, é para que exatamente no futuro quando a gente for encaminhar o projeto para ANEEL para avaliação ele esteja totalmente redondo, sabendo que não vai ser glosado o

investimento. É como se a gente estivesse usando a ferramenta pensando no futuro, para que todas as etapas do processo ocorram suavemente, ocorra bem, pode ter problemas pontuais, mas pelo menos que a gente consiga eliminar os problemas que hoje a gente vivencia. Eu acho que esta ferramenta vai ser de grande impacto para nossa área de gestão da inovação (FUNCIONÁRIO 2).

## **4.2 Aplicativo “DRL X TRL Setor Elétrico V.01”**

### **4.2.1 Modelagem, implementação e validação do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico**

A efetivação da atividade de modelagem, implementação e validação do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico, atividade das etapas 4 e 5, somente foram possíveis após o estudo pormenorizado da fundamentação teórica apresentada no capítulo 2 e dos resultados e observações coletadas nas entrevistas semiestruturadas. Conforme apresentado no capítulo de procedimentos metodológicos, para implementação do aplicativo foi priorizado o rigor metodológico, precisão, confiabilidade e clareza proporcionado pela aplicação da norma internacional ISO/IEC/IEEE 31320:2012-1 no tocante ao método IDEF0 (*Integration Definition for Function Modelling*). A partir do primeiro nível hierárquico (A0), Figura 5, foi construído o segundo nível hierárquico apresentado na Figura 6. Este segundo nível hierárquico apresenta os macros processos principais de todo o desenvolvimento realizado nesta pesquisa que pode ser observado no fluxo completo destacado no apêndice E.

Como primeiro processo neste segundo nível hierárquico temos A1 - Revisar Bibliografia atinente a Gestão da Inovação, TRL e DRL, onde a partir da pesquisa bibliográfica apresentada na seção 3.1.3 foi realizada revisão dos materiais buscando identificar os principais documentos que darão suporte ao desenvolvimento do método.

Como segundo processo temos A2 - Estudar e Adaptar Conceitos TRL e DRL para uso em Empresa do Setor Elétrico, com o objetivo principal de adaptar os conceitos principais atinentes a TRL e DRL para uso no ambiente empresarial de uma empresa do Setor Elétrico Brasileiro (SEB). Em seguida tem-se o terceiro processo A3 - Propor Aplicativo DRLxTRL para uso em Empresa do Setor Elétrico. Trata-se do principal processo com as atividades de desenvolvimento e implementação do aplicativo final. Por último temos o processo A4 - Aplicar e Validar Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico que tem como objetivo final a aplicação prática

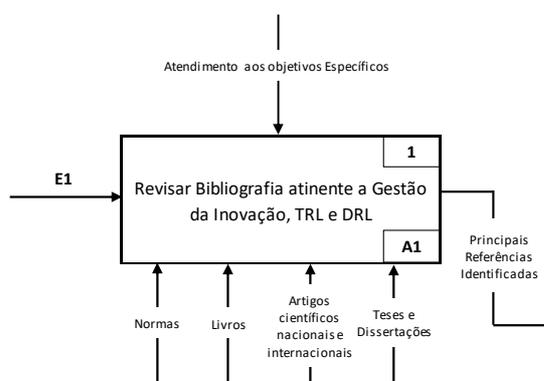
do aplicativo proposto e a consequente validação em casos reais, ou seja, avaliação do nível de maturidade dos objetos de pesquisa definidos na seção 1.4.1.1.

Nas seções a seguir será apresentado o desdobramento e os resultados de cada processo.

#### 4.2.1.1 Processo A1 - Revisar Bibliografia atinente a Gestão da Inovação, TRL e DRL

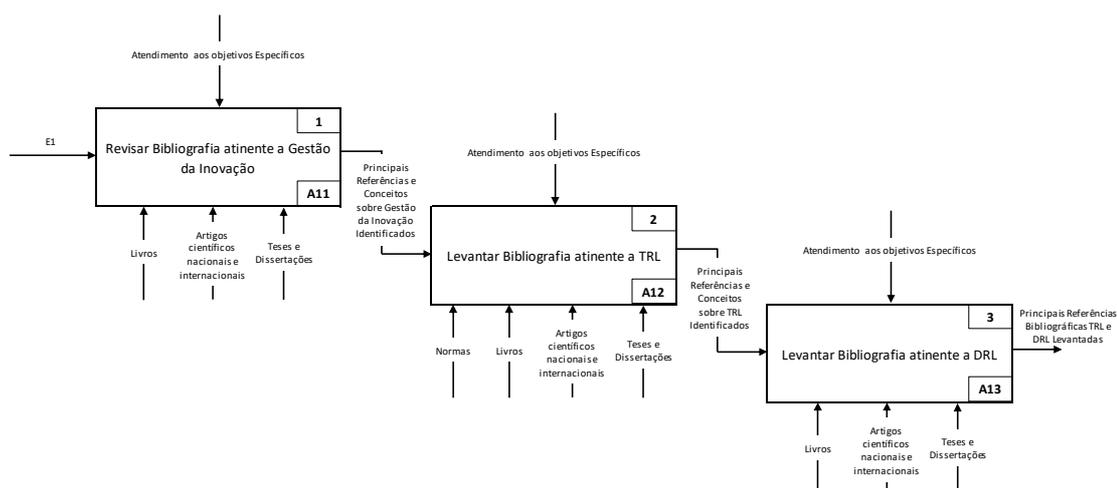
Isolando e desdobrando o primeiro processo, Figura 7, temos a definição do terceiro nível hierárquico do processo A1, Figura 8, com as três atividades, os respectivos controles e mecanismos, bem como as respectivas entradas e saídas (resultados).

**Figura 7 Modelagem IDEF0 – Processo A1.**



Fonte: Elaborado pelo Autor.

**Figura 8 Modelagem IDEF0 – Terceiro nível hierárquico - Processo A1.**



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O objetivo principal do processo A1 foi de levantar os principais documentos que fundamentam a teoria acerca dos temas em estudo e as interligações entre os mesmos a fim de possibilitar o alcance dos objetivos específicos delineados. O detalhamento dos resultados da

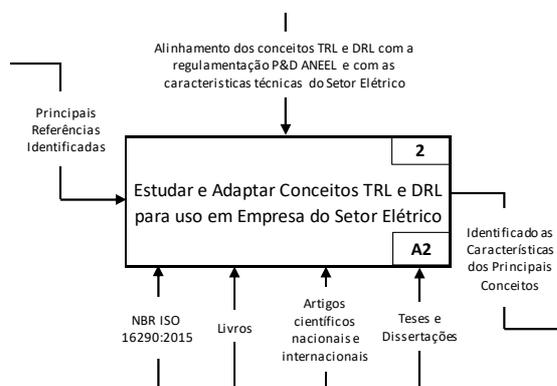
revisão bibliográfica que seguiu o fluxo apresentado na Figura 8 acima foi apresentado no Capítulo 2. Em resumo, como resultado da pesquisa bibliográfica foi obtido conhecimento de livros, normas, documentos e artigos científicos, dissertações e teses de origem nacional, contudo as maiores contribuições para o desenvolvimento do aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico foram de artigos científicos e documentos de origem internacional. Destaque nacional para a norma ABNT NBR ISO 16290:2015 e o trabalho de Rocha; Melo; Ribeiro (2017). Como meio de controle para as atividades buscou-se documentos que fundamentassem o conhecimento necessário para conclusão dos objetivos específicos da pesquisa.

A pesquisa bibliográfica que fundamentou a teoria revisada para o desenvolvimento prático do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico, foi realizado conforme descrito na seção 3.1.3 e analisados conforme disposto na seção 3.1.4.

#### 4.2.1.2 Processo A2 - Estudar e Adaptar Conceitos TRL e DRL para uso em Empresa do Setor Elétrico

Seguindo o mesmo procedimento, foi desdobrado o processo A2 (Figura 9), em seu terceiro nível hierárquico (Figura 10), definindo as respectivas atividades, recursos, formas de controle, entradas e saídas.

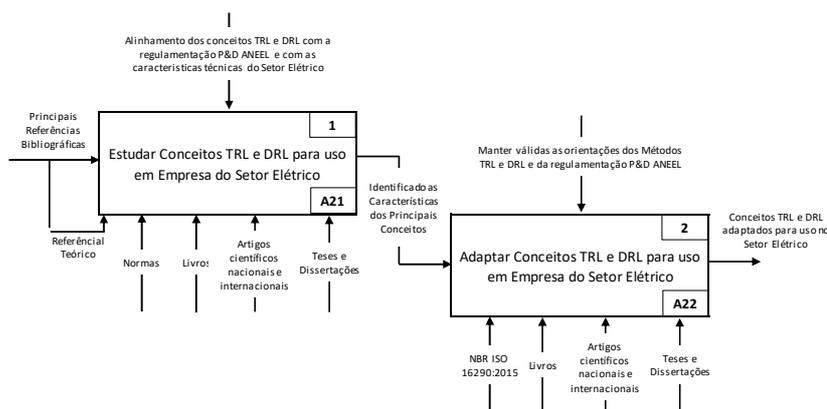
**Figura 9 Modelagem IDEF0 – Processo A2.**



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O objetivo principal do processo A2 foi o estudo profundo dos principais documentos levantados na atividade A1 a fim de possibilitar a adaptação dos conceitos TRL e DRL para uso setor elétrico brasileiro.

**Figura 10 Modelagem IDEF0 – Terceiro nível hierárquico - Processo A2.**



Fonte: Elaborado pelo Autor.

De posse dos resultados do processo A1, foi realizada revisão e análise dos principais documentos atinentes a TRL e DRL adotando o método de análise de conteúdo, seguindo os passos conforme discriminado na seção 3.1.4. Trata-se de uma atividade de extrema importância que resultou na formatação dos conceitos teóricos que serviram de base para o desenvolvimento do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico, impactando diretamente na interpretação de conteúdo pelo usuário final e principalmente nos resultados exportados pelo aplicativo.

Ficou evidente após a leitura do referencial teórico que é necessário a formatação adequada dos conceitos para que o aplicativo seja utilizado da forma correta, permitindo uma usabilidade facilitada ao usuário e a obtenção de relatórios com resultados coerentes dentro do que está estabelecido no referencial teórico.

De fato, o processo de investimento em P&D no Setor Elétrico Brasileiro possui conceitos, características e regras específicas norteadas pela ANEEL através da Lei nº 9.991/2000 e pelo manual de Procedimentos do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (PROP&D). Todavia, também é mister destacar a importância da incorporação do método TRL e suas evoluções neste importante programa de P&D sinalizados pelo CGEE (2015) e pela própria agência reguladora ANEEL (2019bcd). Contudo sabe-se que, conforme estabelecido na norma ABNT ISO 16290:2015, “o procedimento detalhado para a avaliação do TRL deve ser definido pela organização ou instituto competente responsável pela atividade” (ABNT, 2015, p. vi). Essa visão endossada por Bessant; Tidd (2009) esclarece que existem no estado da arte excelentes opções de ferramentas e ou técnicas que ajudam os gestores e os profissionais no processo do desenvolvimento e gestão da inovação. O desafio é adaptá-las e utilizá-las para o contexto específico de cada empresa e suas redes de inovação.

Assim, seguindo o disposto na Figura 10 através dos referenciais teóricos levantados, foi realizado a adaptação dos principais conceitos e características dos métodos TRL e DRL para o contexto específico do Setor Elétrico Brasileiro, o que possibilitou iniciar o processo de desenvolvimento do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico. Como controle do processo de desenvolvimento buscou-se o alinhamento dos conceitos TRL e DRL com a regulamentação P&D ANEEL e com as características peculiares do processo de pesquisa, desenvolvimento e inovação do Setor Elétrico Brasileiro.

A fim de possibilitar a adaptação dos conceitos teóricos dos métodos DRL e TRL as características técnicas, administrativas e regulamentares do setor elétrico, buscou-se a triangulação do conhecimento extraído dos principais documentos do referencial teórico. Destaca-se os Procedimentos do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (PROP&D) ANEEL de 01.01.2017, a norma NBR ISO 16290:2015 primeira edição de 16.09.2015, a norma ISO 16290:2013 de 11.2013, os documentos disponíveis da National Aeronautics Space Administration (NASA), do Department of Defense (DoD) dos Estados Unidos e dos documentos do Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA).

Primeiramente decidiu-se pela adaptação dos conceitos teóricos do método TRL, e para que fosse possível definir/adaptar com coerência os critérios de enquadramento em cada um dos níveis de maturidade tecnológica e conseqüentemente a definição coerente das respectivas perguntas para cada um das TRLs observando as particularidades do setor elétrico brasileiro, foram realizados dois passos importantes:

- i) identificar as diferenças entre os níveis de maturidade definindo as delimitações e características das tecnologias para cada um dos níveis TRL e sua correlação com as fases da inovação ANEEL (resultando o Quadro 17);
- ii) definição de três premissas para o enquadramento evolutivo das tecnologias e propostas de projetos de P&D+I (resultando no Quadro 18; Quadro 19 e Quadro 20).

A seguir temos o Quadro 17 contendo a definição de cinco importantes tópicos que apresentam a fundamentação teórica do método TRL para o setor elétrico brasileiro: Nível de Desenvolvimento Tecnológico; Nível de Maturidade Tecnológica – TRL; Definição TRL; Descrição e Características, Fases da Inovação ANEEL. O Quadro 17 é resultado da correlação da teoria estudada do referencial teórico e a regulamentação de P&D ANEEL vigente através da convergência dos conceitos explorados no Quadro 18, Quadro 19, Quadro 20 e Quadro 21 apresentados e discutidos na seqüência.

Quadro 17 Quadro dos níveis TRL para o setor elétrico brasileiro.

NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA PARA O SETOR ELÉTRICO				
Nível de Desenvolvimento Tecnológico	Nível de Maturidade Tecnológica - TRL	Definição TRL	Descrição e Características	Fases da Inovação ANEEL
Tecnologia em Operação	TRL9	Tecnologia operando em todas as condições esperadas em ambiente real. Tecnologia inserida no Setor Elétrico ou outros mercados	A tecnologia em formato final de mercado é operada sob todas as condições operacionais em ambiente real. A tecnologia neste nível pode ser reproduzida para as demais empresas do setor elétrico, podendo ser licenciada para comercialização. Exemplos incluem o uso da tecnologia em campo, seja em ambiente corporativo como nas demais instalações da empresa: subestação, usinas, linhas etc.]	Inserção no Mercado
Comissionamento da Tecnologia	TRL8	Tecnologia concluída, qualificada e certificada, através de testes e demonstração em ambiente operacional controlado. Disponível para entrada no setor elétrico ou outros mercados	Neste TRL, o resultado é a comprovação que a tecnologia desenvolvida, já no formato final de mercado, funciona nas condições esperadas e atende todas as especificações e requisitos. Os testes operacionais foram feitos em ambiente operacional controlado. Em quase todos os casos, esse TRL representa o fim do processo de desenvolvimento tecnológico. Os exemplos incluem, processo de certificação, qualificação em testes finais e demonstração em campo em ambiente controlado. As informações de suporte operacional incluem procedimentos operacionais praticamente completos. A tecnologia foi concluída com sucesso antes do início da demonstração em campo.	Lote Pioneiro
	TRL7	Tecnologia em escala real (cabeça de série) demonstrada em ambiente operacional controlado	Este nível representa um grande passo em relação ao TRL 6, exigindo a demonstração de um protótipo da tecnologia em escala real em ambiente operacional controlado, podendo utilizar simuladores para ajudar nos testes (os simuladores devem promover ao protótipo às variáveis, especificações, requisitos e propriedades físicas e químicas do ambiente relevante). Os exemplos incluem o teste do Cabeça de Série em escala real em ambiente operacional e controlado buscando validar o atendimentos dos requisitos e especificações. As informações de suporte incluem os resultados do teste do Cabeça de Série em comparação com os resultados dos testes experimentais em escala piloto de engenharia em ambiente relevante. O design final da tecnologia está praticamente concluído.	Cabeça de Série

Fonte: Elaborado pelo Autor, continua a seguir.

<b>Demonstração da Tecnologia</b>	<b>TRL6</b>	Validação e demonstração inicial da tecnologia em escala piloto de engenharia em ambiente relevante e controlado	<p>Modelos ou protótipos em escala de engenharia são testados em um ambiente relevante. Representa um grande passo no nível de maturidade de uma tecnologia. Os exemplos incluem o teste de um protótipo da tecnologia em escala piloto de engenharia com uso de simuladores em ambiente relevante controlado e variáveis que remetem o ambiente operacional (os simuladores de apoio devem simular todos os requisitos e especificações operacionais exigidos pelo sistema final).</p> <p>As informações de suporte incluem os resultados do teste em escala piloto de engenharia em comparação com os resultados dos testes experimentais em laboratório. O TRL 6 inicia o verdadeiro desenvolvimento de engenharia da tecnologia para o ambiente operacional. A principal diferença entre o TRL 5 e o 6 é o aumento da escala de laboratório para a escala da engenharia e a determinação dos fatores de escala que permitirão o design em nível de escala real de mercado. O protótipo deve ser capaz de executar todas as funções que serão exigidas em ambiente operacional. O ambiente relevante para os testes deve representar com relevante precisão o ambiente operacional real.</p>	Desenvolvimento Experimental / Cabeça de Série
	<b>TRL5</b>	Protótipo em escala de laboratório/bancada nível similar. Validação do protótipo em ambiente relevante	<p>Os componentes tecnológicos básicos são integrados para que a configuração da tecnologia funcione de forma semelhante à uma aplicação final em quase todos os aspectos. Os exemplos incluem o teste da tecnologia em escala laboratorial em ambiente relevante de alta fidelidade com o uso de simulações de ambientes operacionais (devem simular todos os requisitos e especificações operacionais exigidos pelo sistema final) com tecnologias de suporte operacional e variáveis que remetem o ambiente operacional. As informações de suporte incluem resultados do teste do protótipo em escala laboratorial em ambiente relevante e análise das diferenças obtidas em ambiente operacional simulado. A principal diferença entre o TRL 4 e 5 é o aumento da fidelidade da tecnologia e do ambiente de teste utilizando simuladores para testes simulando aplicação real. A tecnologia testada estaria em uma escala de protótipo.</p>	Desenvolvimento Experimental
<b>Desenvolvimento da Tecnologia</b>	<b>TRL4</b>	Validação de componentes da tecnologia e / ou sistemas em ambiente de laboratório - MVP	<p>Os componentes tecnológicos básicos são integrados para estabelecer o funcionamento do conjunto. Neste nível obtemos o MVP- Mínimo Produto Viável apresentando a tecnologia que se pretende obter. Os exemplos incluem a integração de hardware e equipamentos em laboratório e testes com uma variedade de simuladores e algumas variáveis reais. As informações de suporte incluem os resultados das experiências integradas e estimativas de como os componentes experimentais e os resultados dos testes experimentais diferem dos objetivos e resultados esperados em um ambiente operacional. O TRL 4 representa a ponte entre a pesquisa científica e a engenharia, é o primeiro passo para determinar se os componentes individuais funcionarão juntos como um sistema. O sistema desenvolvido em laboratório provavelmente será uma mistura de equipamentos, manuais e alguns componentes de finalidade especial que podem exigir manuseio, calibração ou alinhamento especiais para que funcionem.</p>	Desenvolvimento Experimental

Fonte: Elaborado pelo Autor, continua a seguir.

<b>Pesquisa e Desenvolvimento para provar a viabilidade</b>	<b>TRL3</b>	Função analítica e experimental e / ou prova de conceito característica desenvolvida e validada	A pesquisa e principalmente o desenvolvimento (P&D) são iniciados neste nível. Isso inclui estudos teóricos e analíticos e estudos em escala de laboratório para validar fisicamente as previsões analíticas dos componentes e elementos que irão compor a tecnologia. Exemplos de testes incluem componentes que ainda não foram integrados/testados e a representação destes testes em simuladores. As informações de suporte incluem resultados de testes de laboratório realizados para medir parâmetros de interesse e realizar comparação com as previsões teóricas/analíticas para cada um dos subsistemas críticos. No TRL 3, o trabalho foi além da fase teórica, inicia-se o desenvolvimento experimental (projeto experimental) que verifica se o conceito funciona conforme o esperado em simuladores. Os componentes da tecnologia são validados, mas não há tentativa de integrar os componentes em um sistema completo ou protótipo. Modelagem e simulação podem ser usadas para complementar experimentos físicos.	Desenvolvimento Experimental
	<b>TRL2</b>	Conceito e / ou aplicação de tecnologia formulados	Uma vez observados os princípios básicos, aplicações práticas podem ser sugeridas. As aplicações são especulativas ou supostas, e pode não ocorrer prova ou análise detalhada para apoiar as suposições. Exemplos ainda estão limitados a estudos analíticos e teóricos. As informações de suporte incluem publicações ou outras referências que descrevem possíveis tecnologias atuais que resolvem o problema ou que poderia ser utilizada como solução e que fornecem análises e conteúdo teórico/analítico para apoiar a prova de conceito da futura solução. O passo do TRL 1 para o TRL 2 move as ideias da pesquisa pura para a aplicada. A maior parte do trabalho é de estudos analíticos ou teóricos, com ênfase na compreensão da teoria científica que alicerça o desenvolvimento da solução tecnológica. O desenvolvimento experimental (projeto experimental) é planejado e projetado para etapa seguinte.	Pesquisa Aplicada
<b>Pesquisa básica da tecnologia</b>	<b>TRL1</b>	Princípios básicos observados e relatados	Este é o nível mais baixo de maturidade tecnológica. A pesquisa científica começa a ser traduzida em pesquisa aplicada. Os exemplos incluem estudos teóricos das propriedades básicas de uma tecnologia ou estudo experimental que consiste principalmente em observações do mundo físico e tudo que envolve o problema e as soluções atuais à problemas correlacionados. Informações de suporte incluem pesquisas publicadas ou outras referências que identificam os princípios que alicerçam à tecnologia a ser desenvolvida. Neste nível estuda-se a fundo a Fundamentação Teórica e o Estado da Arte para os desenvolvimentos futuros em nível de pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental.	Pesquisa Básica

Fonte: Elaborado pelo Autor.

De posse do conhecimento formado através dos referenciais teóricos estudados do método TRL, foi definido três (3) premissas a serem adotadas para elaboração dos critérios e das respectivas perguntas para cada um dos níveis TRL para o setor elétrico: Escala da Tecnologia; Fidelidade da Tecnologia e; Ambiente de Uso relacionado ao seu nível de aplicação. Abaixo apresenta-se o desenvolvimento das três premissas.

**Quadro 18 Quadro de correlação – escala da tecnologia.**

<b>Escala da Tecnologia</b>	<b>Correspondência</b>
Escala Real	<b>Tecnologia</b> em nível de mercado
Cabeça de Série	<b>Tecnologia</b> em escala de mercado, mas ainda sob validação e normatização
Escala de Engenharia	1/10 < <b>Tecnologia</b> < Escala real
Laboratório / Bancada	<b>Tecnologia</b> < 1/10 da Escala Real

Obs.: A escala de engenharia e a de laboratório/bancada podem variar com base no julgamento das equipes.  
Fonte: Elaborado pelo Autor.

**Quadro 19 Quadro de correlação – fidelidade da tecnologia.**

<b>Fidelidade da Tecnologia</b>	<b>Nível do Produto</b>
Operacional	Corresponde à aplicação final em todos os aspectos
Similar	Corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos
MVP	Mínimo Produto Viável - Sistema corresponde a uma ou mais partes da aplicação final
Prova de Conceito	Modelo prático que possa provar o conceito (teórico) estabelecido na pesquisa ou artigo técnico.
Teses, Dissertações e artigos	Existe no papel (ou seja, nenhum sistema de hardware ou software)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

**Quadro 20 Quadro de correlação – ambiente de uso.**

<b>Ambiente de Uso</b>	<b>Relação com o Ambiente</b>
Ambiente real	Em ambiente operacional com todas as variáveis
Ambiente Operacional controlado	Em ambiente operacional controlado com acesso a variáveis de forma limitada/controlada
Relevante	Em ambiente relevante com uso de simuladores
Simulado	Ambiente simulado utilizando variáveis que simulam o caso real

Fonte: Elaborado pelo Autor.

No quadro a seguir temos os níveis de TRL correlacionado com o Quadro 18, Quadro 19 e Quadro 20. Com o Quadro 21 o processo de elaboração dos critérios e perguntas foi facilitado.

**Quadro 21 Quadro de correlação – TRLs com as três premissas.**

<b>TRL</b>	<b>Escala da Tecnologia</b>	<b>Fidelidade da Tecnologia</b>	<b>Ambiente de Uso</b>
TRL9	Escala Real	Operacional	Ambiente Real
TRL8	Escala Real	Operacional	Ambiente Operacional Controlado
TRL7	Cabeça de Série	Similar	Ambiente Operacional Controlado
TRL6	Escala de Engenharia	Similar	Relevante
TRL5	Laboratório / Bancada	Similar	Relevante
TRL4	Laboratório / Bancada	MVP	Simulado
TRL3	Laboratório / Bancada	Prova de Conceito	Simulado
TRL2	-	Teses, Dissertações e Artigos	-
TRL1	-	Teses, Dissertações e Artigos	-

Fonte: Elaborado pelo Autor.

O Quadro 21 correlaciona os quadros anteriores que definiram a Escala da Tecnologia, a Fidelidade da Tecnologia e o Ambiente de Uso com cada um dos níveis de maturidade TRL. O Quadro 21 é o mapa guia para o desenvolvimento dos conceitos e conteúdo do Quadro 17. Em resumo, a elaboração dos quadros anteriores foram fundamentais para a geração e consolidação do Quadro 17 e principalmente para a elaboração de cada um dos critérios e perguntas correlacionadas para cada um dos níveis TRL do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico.

Como resultado adicional entregue por este trabalho, a partir dos quadros anteriores foram produzidos gráficos correlacionando os conceitos adaptados de TRL e DRL com a visualização da variação dos custos e do grau de risco/incerteza para o ciclo de vida do desenvolvimento de um projeto de P&D+I e seu produto conforme teoria apresentada no Capítulo 2. Os gráficos apresentados estão suportados no conhecimento obtido do referencial teórico estudado com destaque para Liu; Subramanian; Hang (2020, 2019), Quintella et al. (2019), PMI (2017), ANEEL (2016), Paun (2012, 2011), Nasa, (2010), Mankins (2009b, 2002), Baxter (2008), Rozenfeld et al. (2006), Cooper (2008), Mandelbaum (2007), Cooper; Edgett; Kleinschmidt (2001, 1999), United States (2000, 1999), Frank et al. (1996), Sadin; Povinelli; Rosen (1989), Kline; Rosenberg (1986).

No Gráfico 10 apresenta-se a disposição dos níveis TRL e DRL, as premissas (nível da tecnologia e ambiente de uso) adaptadas para o enquadramento dos projetos de P&D+I ou das tecnologias desenvolvidas em cada um dos níveis de maturidade e a correlação com as fases da cadeia de inovação definido no PROP&D (ANEEL, 2016). O alinhamento do conteúdo dos gráficos é direto com o Quadro 18, Quadro 19, Quadro 20 e Quadro 21. Convém lembrar que o casamento entre os níveis de maturidade de demanda (DRL) e os níveis de maturidade tecnológica (TRL) deve seguir a teoria explicada no capítulo 2.5.

Observa-se na base dos gráficos a seguir os principais parceiros de um processo de desenvolvimento tecnológico. Cabe destacar que, a participação ou não de cada ator depende da natureza do projeto e dos objetivos a serem alcançados. A lista de atores sugerida (não exaurida) está fundamentada nos trabalhos de Leydesdorff; Etzkowitz (1998a, 1998b, 1996), Etzkowitz; Leydesdorff (2000, 1997), Carayannis; Campbell (2012, 2011, 2010, 2009) e Meira (2012) que introduziram o modelo de hélice tríplice e suas evoluções até a hélice quádrupla (Governo, Universidades, Empresas, Clientes/Sociedade, Meio Ambiente e os Investidores).

No Gráfico 11 e Gráfico 12 inserimos o comportamento dos custos e dos riscos/incertezas para todo o ciclo de P&D+I correlacionando com os níveis de maturidade DRL e TRL. A curva preta representa a variação do investimento que é necessário para o desenvolvimento dos projetos e das respectivas tecnologias. Inicialmente o investimento necessário é menor, mas no

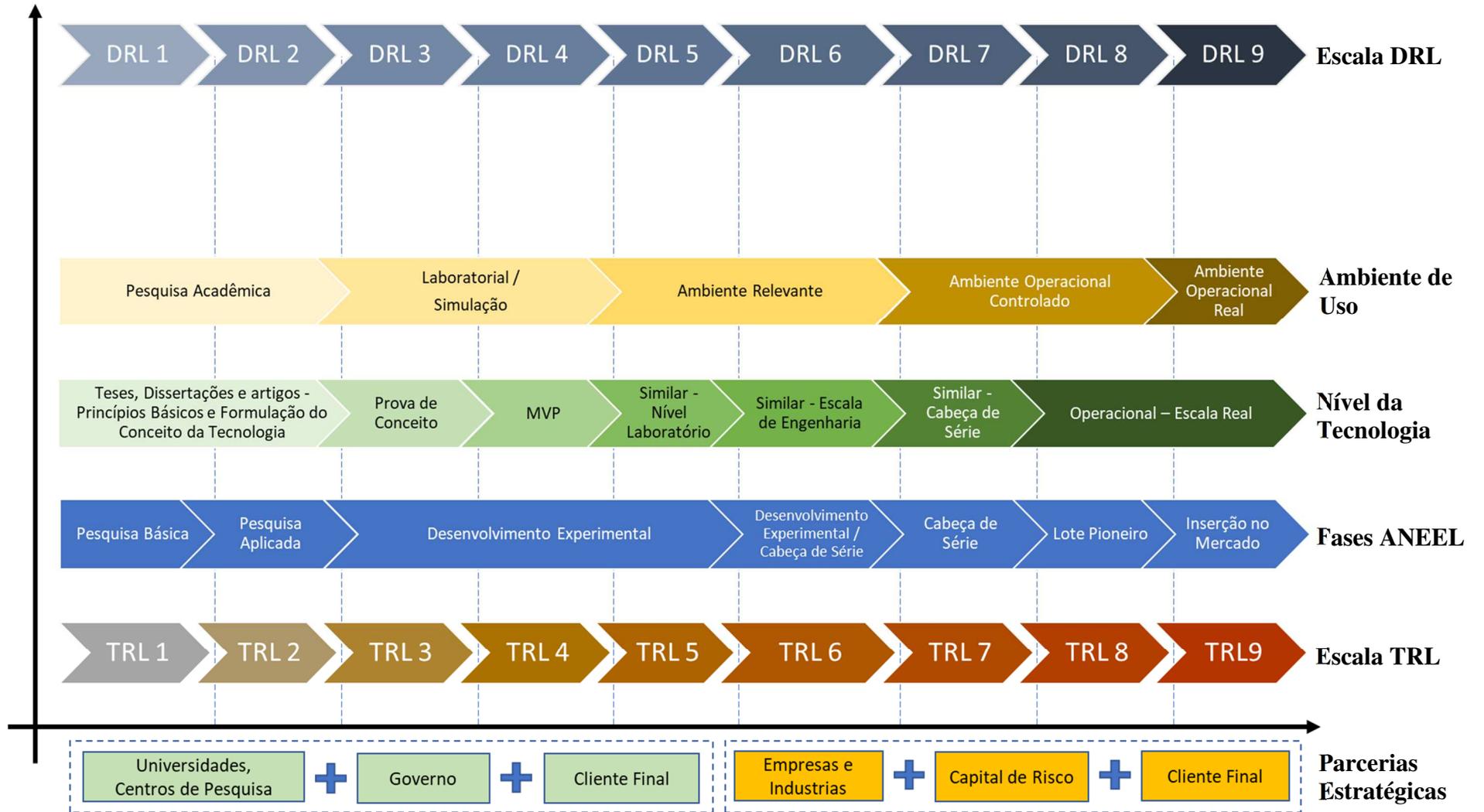
decorrer do desenvolvimento, que busca a evolução do nível de maturidade da tecnologia, ocorre o aumento do investimento chegando a valores relevantes principalmente quando o desenvolvimento está localizado nos últimos níveis de maturidade, TRLs 7, 8 e 9. De forma inversa ocorre o comportamento da curva azul do risco/incerteza.

Conforme visualiza-se na curva azul, no início da pesquisa a existência de incertezas correlacionadas ao processo de desenvolvimento predominam, conseqüentemente o nível de risco atrelado é grande. Contudo, com o avanço das pesquisas e do desenvolvimento do conhecimento passa-se a ser conhecidas e nominadas as incertezas, possibilitando a construção de soluções e/ou controle dos riscos identificados, levando a uma atenuação contínua da curva. No entanto é necessário que o investimento não seja descontinuado para que de fato se solidifique esta tendência de evolução do desenvolvimento tecnológico.

Destaca-se a curva tracejada em vermelho que demonstra o trajeto de investimento em um projeto de P&D+I (custo orçado comprometido) o qual ao tentar avançar além do TRL 4 pode sucumbir ao “vale da morte” pela descontinuidade do financiamento (ver capítulo 2.3). Cita-se como exemplo a descontinuidade do financiamento que pode ocorrer por parte do governo que entende que cumpriu seu papel inicial de fomento e/ou pela descontinuidade do investimento por parte dos primeiros interessados pela tecnologia. Os primeiros interessados podem sair da parceria por entenderem que não é interessante avançar além do protótipo alcançado, devido às incertezas ainda existentes e dos riscos atrelados ainda serem altos, que por consequência demandarão elevados investimentos, ou porque entendem que o nível do produto alcançado atende minimamente sua demanda e que avanços posteriores deveriam ser feitos por um parceiro industrial apoiado em investidores de capital de risco. Ou seja, neste momento deve-se buscar inserir no processo de desenvolvimento outros atores como empresas interessadas em absorver e fabricar a tecnologia e fundos de investimento de capital de risco.

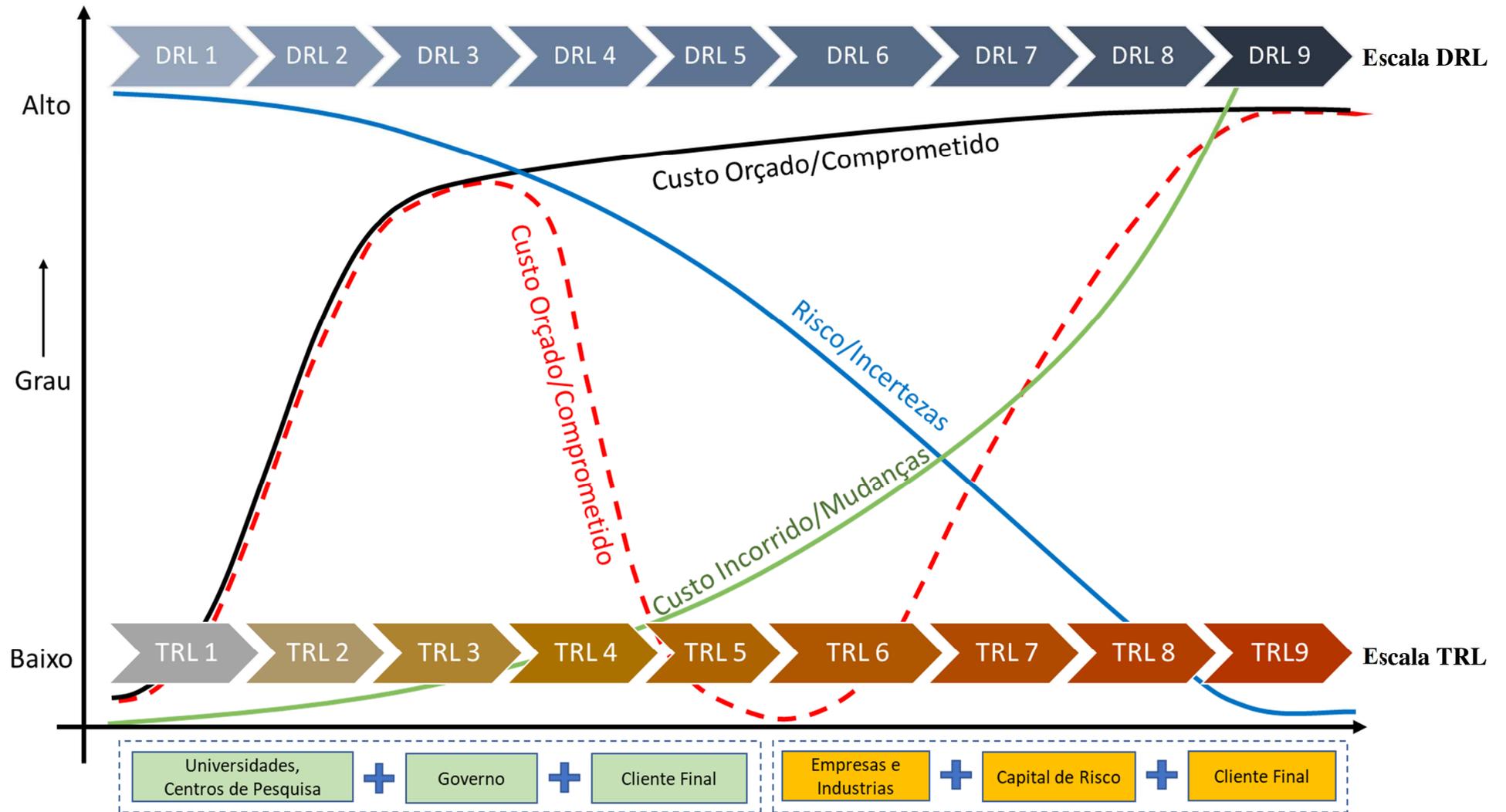
A curva verde reporta um alerta para existência de custos que podem ocorrer devido à falta de planejamento e acompanhamento dos projetos de P&D+I: custos por situações técnicas não mapeadas ou previstas; riscos não mapeados ou tratados; ações administrativas não previstas ou qualquer tipo de mudança necessária de rota que não foi devidamente mapeada e tratada com antecedência. A curva verde é indesejada e suas causas devem ser devidamente mapeadas e controladas com antecedência ao longo de todo o desenvolvimento, a fim de evitar a elevação do custo final do produto e que impactará decididamente no preço final para entrada no mercado. Geralmente o controle desta curva é de responsabilidade de uma equipe com expertise em gestão de mudanças e de riscos em conjunto com a alta gestão do projeto.

**Gráfico 10 TRL e DRL, Premissas e o Ciclo de Vida de um Projeto.**



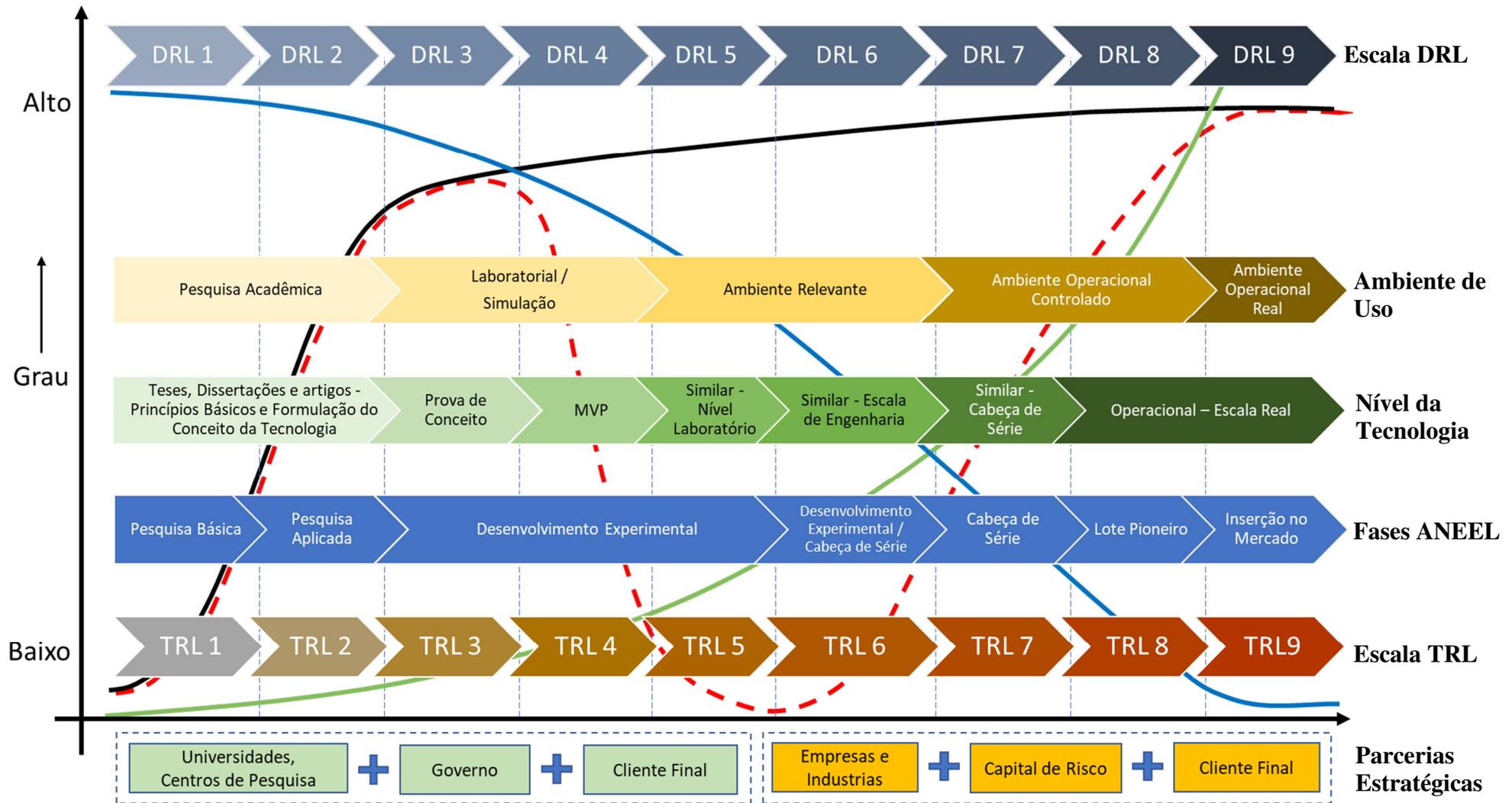
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Gráfico 11 TRL e DRL e o Ciclo de Vida de um Projeto – Variação do Custo e Risco e o Vale da Morte.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Gráfico 12 TRL e DRL, Premissas e o Ciclo de Vida de um Projeto – Variação do Custo e Risco e o Vale da Morte.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

De posse dos conceitos adaptados da TRL apresentados, partiu-se para a elaboração dos conceitos a serem seguidos para a definição dos critérios e consequentemente das perguntas para o enquadramento das demandas/ideias nos níveis de maturidade de demanda (DRL).

Para esta última atividade do processo A2, foram fundamentais os estudos práticos desenvolvidos por Sutopo (2013), Astuti et al. (2014) e principalmente por Hjorth; Brem (2016). Correlacionando estes trabalhos com os trabalhos de Paun (2012, 2011), de Liu, Subramanian; Hang (2020, 2019) e as particularidades técnicas, administrativas e regulatórias do setor elétrico extraídos dos referenciais teóricos estudados e da própria regulamentação ANEEL, foi possível a definição dos critérios e o foco de análise. De posse dos conhecimentos extraídos dos referências teóricos atinentes a DRL, correlacionando com os resultados apresentados no Quadro 17, Quadro 18, Quadro 19, Quadro 20 e Quadro 21 da TRL, propõe-se a seguinte correspondência entre os níveis DRL com os níveis TRL (Quadro 22), com descrição dos níveis adaptados à realidade do setor elétrico. O objetivo final da convergência dos métodos segundo Paun (2012, 2011) é a análise da viabilidade do processo de transferência de tecnologia, ou seja, o “*fit*” ou a “*hibridização*” entre o solicitado pelo demandante/cliente (*Market Pull*) com o desenvolvimento tecnológico (*Technology Push*) para o setor elétrico brasileiro.

**Quadro 22 Correspondência Níveis DRL e TRL Setor Elétrico.**

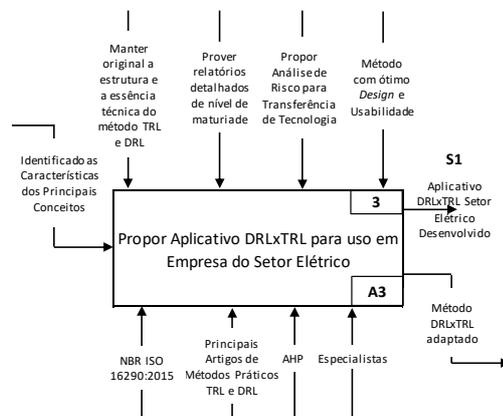
Correspondência entre os Níveis DRL e TRL -> Alcance do Produto e da Transferência de Tecnologia.				
Nível	Descrição Nível DRL		Nível	Descrição Nível TRL
9	Construção da solução que atenda todos os requisitos e funcionalidades.		1	Princípios básicos observados e relatados.
8	Identificação dos especialistas e ou instituições parceiras que possuem as competências.		2	Conceito e / ou aplicação de tecnologia formulados.
7	Definição das competências e recursos necessários e suficientes para o desenvolvimento da solução.		3	Função analítica e experimental e / ou prova de conceito característica desenvolvida e validada.
6	Tradução das funcionalidades esperadas nos recursos necessários para desenvolver a solução.		4	Validação de componentes da tecnologia e / ou sistemas em ambiente de laboratório - MVP.
5	Definição das capacidades e recursos que a solução deverá proporcionar.	X	5	Protótipo em escala de laboratório/bancada nível similar. Validação do protótipo em ambiente relevante.
4	Quantificação das funcionalidades e atributos esperados da solução.		6	Validação e demonstração inicial da tecnologia em escala piloto de engenharia em ambiente relevante.
3	Identificação das funcionalidades esperadas da solução.		7	Tecnologia em escala real (cabeça de série) demonstrada em ambiente operacional controlado.
2	Identificação do processo/equipamento demandante e dos objetivos, necessidades, benefícios e impactos da solução.		8	Tecnologia concluída, qualificada e certificada, através de testes e demonstração em ambiente operacional controlado. Disponível para entrada no setor elétrico ou outros mercados.
1	Identificada a existência de um problema, demanda ou oportunidade de melhoria.		9	Tecnologia operando em todas as condições esperadas em ambiente real. Tecnologia inserida no Setor Elétrico ou outros mercados.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.2.1.3 Processo A3 - Propor Aplicativo DRLxTRL para uso em Empresa do Setor Elétrico

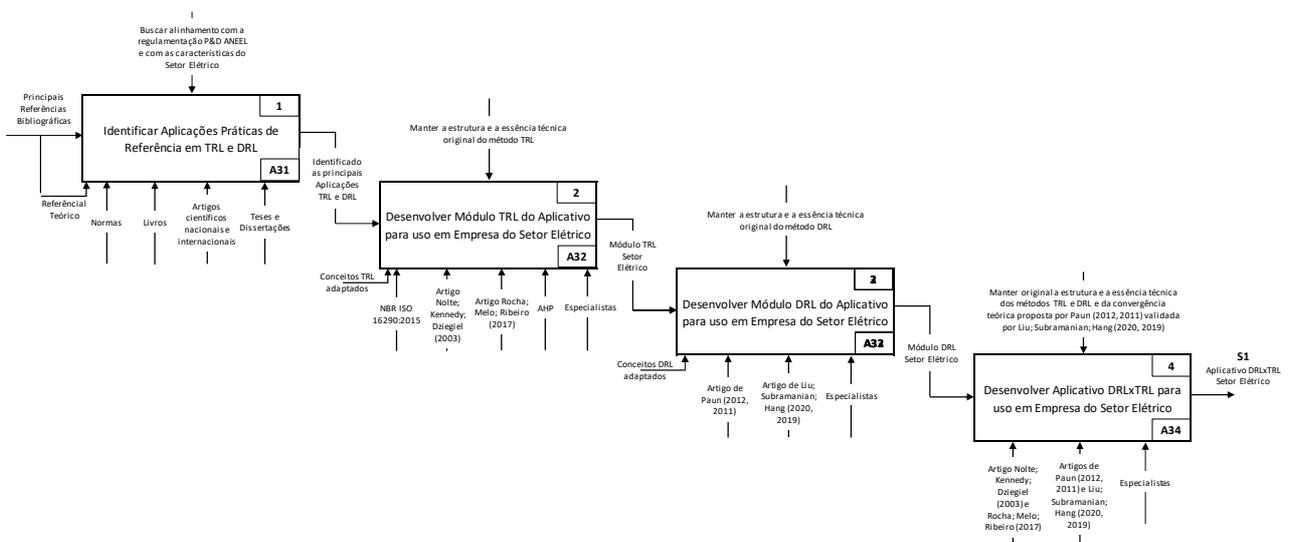
Dando sequência ao processo de desdobramento em níveis, seguiu-se com o desdobramento do processo A3 (Figura 11) conforme apresentado na Figura 12. O processo A3 é a principal atividade modelada no IDEF0, pois possui alinhamento direto com o objetivo geral desta pesquisa, ou seja, trata-se da atividade em que será realizado o desenvolvimento e implementação do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico. Conforme Figura 12, na sua última atividade será obtido o aplicativo apto para uso e validação no próximo processo A4. A partir dos resultados auferidos no processo A2 e também dos principais resultados bibliográficos do processo A1 com foco em métodos práticos de TRL e DRL, partiu-se para o desenvolvimento do aplicativo no processo A3.

Figura 11 Modelagem IDEF0 – Processo A3.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 12 Modelagem IDEF0 – Terceiro nível hierárquico - Processo A3.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Conforme Figura 12, como mecanismos para o desenvolvimento desta atividade, além dos principais artigos que demonstram métodos práticos do emprego do TRL e DRL e a norma NBR ISO 16290:2015, utilizou-se de especialistas para definição, análise e priorização dos critérios que serão utilizados em cada um dos níveis TRL e DRL e suas perguntas através do emprego do método multicritério AHP<sup>5</sup> (*Analytic Hierarchy Process*) que ao final do processo calculou os respectivos pesos, o índice de consistência e a razão de consistência parâmetros que medem a consistência do processo.

A definição dos critérios para o método proposto nesta pesquisa se baseia na orientação da norma ABNT ISO 16290:2015 que determina que os critérios e procedimentos para emprego do método TRL devem ser definidos pela instituição, sem os quais o emprego apenas das macro orientações da norma para avaliação do nível de maturidade carregará ao processo elevado grau de subjetividade podendo inserir incertezas no resultado da avaliação pelo próprio usuário e/ou pelo avaliador (ROCHA; MELO; RIBEIRO, 2017).

A utilização de especialistas para avaliação e priorização dos critérios e suas perguntas, bem como o uso da metodologia multicritério AHP para cálculo dos pesos e da razão de consistência (SAATY, 2008, 1990, 1988) é um dos diferenciais do aplicativo proposto. No referencial teórico não foi identificado este tipo de rigor metodológico de cálculo com o uso da metodologia multicritério AHP no processo de implementação de uma ferramenta de avaliação de TRL.

Decidiu-se pela utilização do método AHP por se tratar de um método multicritério que apoia o processo de decisão em sistemas complexos que possuem número considerável de critérios o qual é necessário a definição de priorização através do cálculo de pesos (RIBEIRO; ALVES, 2016; VARGAS, 2010; SAATY, 2008, 1990, 1988; TRIANTAPHYLLOU; MANN, 1995). Ademais, o método AHP tem a capacidade de traduzir em números variáveis qualitativas a partir dos julgamentos subjetivos emitidos pelos decisores, uma demanda que precisa ser trabalhada no método TRL (ROCHA; MELO; RIBEIRO, 2017; RIBEIRO; ALVES, 2016; VARGAS, 2010; SAATY, 2008, 1990, 1988).

A necessidade de inserção de pesos nos critérios ocorreu porque identificou-se a riqueza de detalhes e as intrínsecas diferenças e objetivos que cada critério se propõe avaliar nos diferentes níveis TRL. Isso determinou a necessidade de diferenciá-los de forma racional e objetiva, atribuindo o grau de prioridade e destacando a importância e/ou as diferenças que

---

<sup>5</sup> Maiores detalhes sobre AHP ver apêndice F

eventualmente cada um dos critérios naturalmente possui (COSTA, 2014; RIABACKE; DANIELSON; EKENBERG, 2012; DIAS et al., 2012; SAATY, 2008; TRIANTAPHYLLOU; MANN, 1995). Os pesos definem a importância relativa de cada um dos critérios em relação a estes próprios (LIMA et al. 2015; RIABACKE; DANIELSON; EKENBERG, 2012; SAATY, 2008, 1990, 1988; TRIANTAPHYLLOU; MANN, 1995). O detalhe do processo de priorização e cálculo dos pesos dos critérios será discutido nas páginas seguintes quando for apresentado o resultado da atividade A32 de desenvolvimento.

Para o desenvolvimento das atividades do processo A3, foi utilizado como controle a manutenção da essência técnica e a estrutura principal dos métodos originais TRL e DRL sem nos limitar a propor evoluções com lógicas adicionais a fim de conferir maior eficácia e rigor aos resultados sempre com o devido alinhamento com a regulamentação P&D ANEEL e com as características do Setor Elétrico. Buscou-se necessariamente prover relatórios que reportassem com detalhes a avaliação do nível de maturidade, possibilitando aos interessados informações precisas com riqueza de conteúdo para compor o processo de tomada de decisão na gestão da inovação. Ainda, como requisitos exigidos, o aplicativo proposto deveria reportar o grau de sucesso para um proposto processo de transferência de tecnologia (LIU; SUBRAMANIAN; HANG, 2020, 2019; PAUN, 2012, 2011) e que o mesmo tenha *design* que facilite a navegação, a interatividade e a usabilidade dos usuários.

Como resultado da primeira atividade A31, dentre os documentos analisados atinentes a TRL destaque para os artigos de Mankins (2009ab, 1995), Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003), Rocha; Melo; Ribeiro (2017) e a norma NBR ISO 16290:2015. A partir dos artigos de Mankins (2009ab, 1995) foi realizada comparação de conteúdo com a NBR ISO 16290:2015 com a finalidade de formar conhecimento acerca das evoluções e adaptações em cada um dos níveis TRL realizadas pela ABNT (2015) convergindo para construção de uma proposta ao setor elétrico.

Os artigos de Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003) e Rocha; Melo; Ribeiro (2017) apresentam ferramentas que foram desenvolvidas para avaliação do nível de maturidade TRL. No artigo de Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003) é demonstrado a ferramenta “AFRL TRL Calculator versão 1.12” desenvolvida através do aplicativo Microsoft® Excel®. A ferramenta foi desenvolvida pela Força Aérea Americana através do seu Laboratório de pesquisa, *Air Force Research Laboratory* – AFRL.

AFRL TRL Calculator versão 1.12 afere o nível de maturidade da tecnologia através de respostas a uma lista de questões/critérios distribuídos em cada um dos nove (9) níveis. O

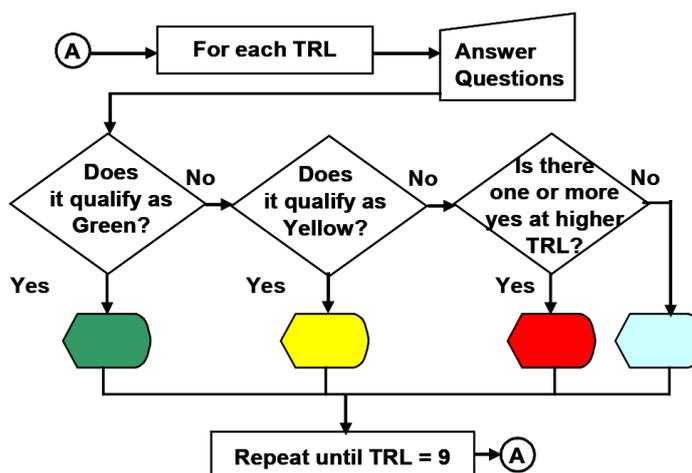
usuário é levado a responder as questões com a colocação do percentual de atendimento. Após a conclusão do preenchimento a ferramenta mostra o nível TRL através de um termômetro na horizontal (Figura 13). As cores fornecem a evolução e o atingimento do nível TRL auferido (NOLTE; KENNEDY; DZIEGIEL, 2003). Para a aferição do nível de maturidade Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003) implementaram na ferramenta algoritmo de decisão conforme mostrado abaixo na Figura 14.

**Figura 13 Termômetro da Ferramenta AFRL TRL Calculator versão 1.12.**



Fonte: Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003).

**Figura 14 Algoritmo Implementado na Ferramenta AFRL TRL Calculator versão 1.12.**



Fonte: Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003).

Um ponto que merece destaque no algoritmo da ferramenta AFRL TRL Calculator versão 1.12 é a possibilidade de o usuário definir percentuais limites para avanço do nível TRL e para atendimento das perguntas/critérios, conforme pode ser observado no artigo de Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003). Como limites iniciais observa-se no artigo os valores de 80% para se admitir a pergunta/critério como atendido; 80% para se considerar como atendido (cor verde) a qualificação de atendimento do nível TRL e; 67% para considerar a cor amarela que representa uma posição intermediária de evolução no nível TRL avaliado (abaixo do nível verde e superior ao vermelho). O preenchimento com vermelho ocorre se pelo menos um critério tenha sido respondido enquanto os demais não foram respondidos (não alcançando o mínimo de 67% da

cor amarela) . O termômetro registra cor branca se nenhuma questão/critério tenha sido atendido (NOLTE; KENNEDY; DZIEGIEL, 2003).

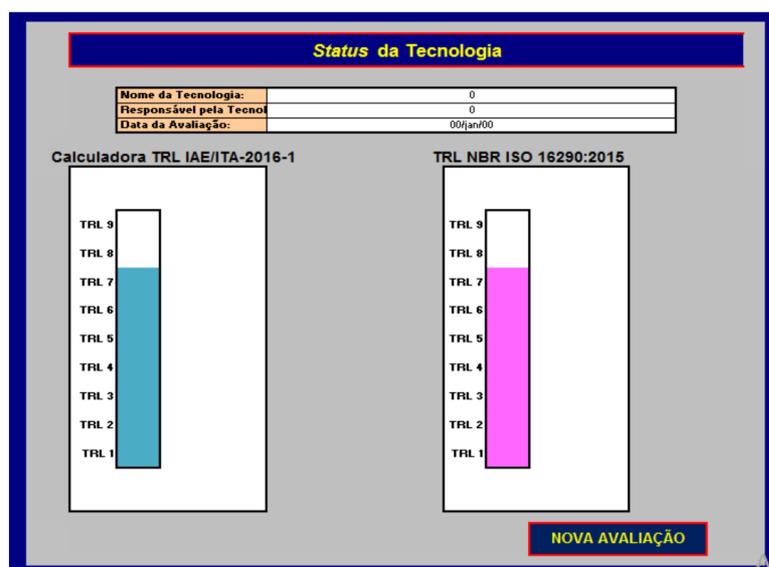
Conforme referencial teórico analisado que estudou a ferramenta desenvolvida por Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003), a mesma representa um avanço no processo de avaliação de maturidade possibilitando a aferição do TRL para o respectivo momento de avaliação (GRAETTINGER et al. 2002). Obtém o referido TRL caracterizando-a com menor subjetividade no processo avaliatório, pois o usuário é levado a responder critérios bem definidos e o resultado é calculado após passar por uma lógica de decisão.

O outro artigo que apresenta uma ferramenta TRL é o de Rocha; Melo; Ribeiro (2017). Neste os autores apresentam a ferramenta proposta como uma evolução adaptada da ferramenta proposta por Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003). O nome dado foi “CALCULADORA TRL IAE/ITA-2016-1”, desenvolvida para aplicação no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e no Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE). Diferentemente da ferramenta proposta por Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003), destaca-se as duas análises distintas para aferir o TRL: i) a primeira com foco no atendimento da NBR ISO 16290:2015; ii) e outra com foco em “aspectos econômicos, sociais, documentais e político-legais levantados nas metodologias existentes” (ROCHA; MELO; RIBEIRO, 2017, p. 48). Conforme Rocha; Melo; Ribeiro (2017), o processo de avaliação com utilização da ferramenta proposta ocorre em três (3) passos: demonstração da metodologia de avaliação TRL; dados da tecnologia a ser avaliada e; avaliação TRL.

Outra diferença com relação a ferramenta da AFRL é a utilização de apenas um grau de tolerância, o do avanço de TRL (ROCHA; MELO; RIBEIRO, 2017), sendo apresentado no artigo o valor assumido de 85% para cumprimento dos critérios sob avaliação em cada um dos níveis TRL. Ao todo foram propostos oitenta e nove (89) critérios de avaliação com questionamentos com foco na NBR ISO 16290:2015, outros com foco em questões técnicas, econômicas, político-legais e documentais (ROCHA; MELO; RIBEIRO, 2017).

Conforme apresentado pelos autores, a ferramenta foi concebida separando as questões com foco na NBR ISO 16290:2015 das demais questões. Da mesma forma que a ferramenta proposta por Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003), após o avaliador preencher os referidos percentuais a cada pergunta, a ferramenta formaliza a avaliação do nível de maturidade com a formatação de gráficos do tipo termômetro, contudo com a diferença de serem dois gráficos separando a TRL com foco na NBR ISO 16290:2015 e a TRL oriundo das respostas das demais questões/critérios (Figura 15).

Figura 15 Gráfico TRL emitido pela ferramenta CALCULADORA TRL IAE/ITA-2016-1.



Fonte: Rocha; Melo; Ribeiro (2017).

Segundo os autores Rocha; Melo; Ribeiro (2017), a ferramenta proposta foi validada através da avaliação de três (3) tecnologias do setor aeroespacial e em contraprova com uma (1) tecnologia da área da Defesa. Os autores chegaram à conclusão que a ferramenta funcionou conforme esperado e obteve com sucesso a avaliação do nível de maturidade, possibilitando aos gestores das tecnologias informações qualitativas e quantitativas relevantes para o processo de tomada de decisão estratégica (ROCHA; MELO; RIBEIRO, 2017). Ademais acrescentaram que a forma como a ferramenta foi adaptada é possível avaliar o nível de maturidade seja de hardware ou de software. Todavia sinalizaram que são necessários mais estudos de aplicação da ferramenta em tecnologias além das aeroespaciais.

Já com relação aos artigos de destaque com foco em DRL cita-se Paun (2012, 2011) e Liu; Subramanian; Hang (2020, 2019). Foi de extrema importância as buscas por referencial teórico com foco no macro tema “Avaliação do Nível de Maturidade de Demanda/Ideia”. Em um primeiro momento acreditava-se que inexistia adaptação do modelo TRL para avaliação do nível de maturidade com foco em demandas/ideias, todavia após a realização de árdua busca identificou-se os excelentes trabalhos de referência supracitados. Os trabalhos apresentados por Paun (2012, 2011) foram os divisores de conhecimento. Florin Paun propôs a adaptação do método TRL para avaliação do nível de maturidade de demandas/ideias, formatando o método DRL, conforme apresentado no Capítulo 2. A partir dos trabalhos de Florin Paun conseguiu-se aprofundar as buscas e localizar os demais artigos científicos. Outro trabalho de excelente contribuição foi o de Liu; Subramanian; Hang (2020, 2019). Os autores realizaram a aplicação

teórica/prática do método DRL com intuito de validá-lo através do confronto dos resultados da interação do método TRL com o DRL com a teoria da capacidade de processamento de informações aplicando a técnica de análise comparativa qualitativa (QCA).

Em resumo todos os referenciais teóricos levantados na pesquisa bibliográfica contribuíram diretamente ou indiretamente com os objetivos traçados para o processo A3 (Figura 12). Todavia os principais referenciais teóricos que especificamente nortearam o desenvolvimento do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico foram os aqui relatados, os quais foram enquadrados como os mecanismos nas respectivas atividades IDEF0 seguintes A32, A33 e A34 juntamente com os resultados da atividade A22 (Conceitos TRL e DRL adaptados para uso no Setor Elétrico – ver Figura 10).

Na sequência, a partir dos resultados da primeira atividade A31 partiu-se para a adaptação o desenvolvimento dos módulos TRL e DRL Setor Elétrico, atividades A32 e A33, e em seguida a conclusão da atividade A34 com a proposição do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico, finalizando o desenvolvimento proposto no processo A3 (Figura 12). Como controles no desenvolvimento destas atividades foi mantido a estrutura e a essência técnica original dos métodos TRL e DRL e a convergência teórica proposta por Paun (2012, 2011) validada por Liu; Subramanian; Hang (2020, 2019), sem, no entanto, se limitar a propor evoluções e elevar o rigor das análises realizada pelo algoritmo do aplicativo.

A atividade A32 de desenvolvimento do módulo TRL Setor Elétrico iniciou a partir das principais referências teóricas estudadas na atividade A31. A comparação das ferramentas propostas por Rocha; Melo; Ribeiro (2017) e Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003), com as orientações da NBR ISO 16290:2015 somadas aos conceitos adaptados dos níveis TRL resultante da atividade A22 (que utilizou como base diversas referências) possibilitou a execução e conclusão da atividade listada. Em resumo foram realizadas as seguintes macro ações de desenvolvimento na atividade A32 de desenvolvimento do módulo TRL Setor Elétrico:

- i) modelagem do algoritmo do aplicativo TRL Setor Elétrico partindo da conjunção das proposições de Rocha; Melo; Ribeiro (2017) e Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003);
- ii) minuta de redação dos critérios/perguntas para cada um dos níveis TRL adaptado as características técnicas e normatização de P&D do setor elétrico;
- iii) contato com pelo menos seis (6) especialistas para análise e colaboração sobre cada um dos critérios/perguntas dos respectivos níveis TRL;

- iv) priorização por parte dos seis (6) especialistas de cada um dos critérios/perguntas, utilizando o conceito de priorização do método AHP;
- v) através de ferramenta proprietária Máquina AHP 32 (Figura 16), foi realizado o lançamento das priorizações de cada especialista para o cálculo dos pesos de cada um dos critérios e da razão de consistência para cada um dos níveis TRL;
- vi) incorporação dos pesos calculados pela Máquina AHP 32 no algoritmo TRL Setor Elétrico;
- vii) desenvolvimento da *interface* e telas de navegação, ou seja, o *design* do aplicativo buscando facilitar o uso e a interação com o usuário final;
- viii) implementar relatórios que subsidiem informações completas e precisas a fim de fundamentar o processo de tomada de decisão pelo usuário.

Na Tabela 1 a seguir visualiza-se o enquadramento das cento e vinte e sete (127) perguntas por TRL e por foco do critério que foram finalizadas após a rodada de avaliação dos especialistas, destacando as que foram formulados pelos especialistas das que buscam aferir o grau de atendimento a essência das orientações da norma NBR ISO 16290:2015.

**Tabela 1 Enquadramento das perguntas TRL por foco do critério.**

ENQUADRAMENTO DAS PERGUNTAS POR FOCO DO CRITÉRIO								
NBR ISO 16290:2015	PERGUNTAS FORMULADAS PELOS ESPECIALISTAS						Gestão do Conhecimento / Documentação Técnica	
	Desenvolvimento Tecnológico	Financeiro / Econômico	Controle / Certificação / Normas e Leis Nacionais e Internacionais	Propriedade Intelectual / Artigos	Transferência Tecnologia / Mercado			
40	23	9	9	12	23	11		
<b>TOTAL DE PERGUNTAS</b>								
<b>40</b>	<b>87</b>							
<b>127</b>								
PERGUNTAS/CRITÉRIOS POR NÍVEL DE MATURIDADE								
TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
10	15	16	14	16	15	14	14	13
<b>127</b>								

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após o fechamento da redação de cada uma das perguntas/critérios foi realizado o processo de priorização e cálculo dos pesos aplicando o método AHP. A dinâmica de priorização realizada pelos especialistas de cada uma das cento e vinte e sete (127) perguntas/critérios distribuídos nos nove (9) níveis TRL foi facilitada através do uso do Quadro

23 a seguir produzido em aplicativo Microsoft® Excel®. A formatação do quadro tomou como base as orientações e o quadro de priorização definido por SAATY (1990, 1988).

### Quadro 23 Quadro de Apoio para Priorização de Critérios.

#### ORIENTAÇÕES PARA DEFINIÇÃO DO GRAU DE IMPORTÂNCIA DOS CRITÉRIOS PARA A REFERIDA TRL.

- 1- PRIMEIRAMENTE DEVE SER AVALIADO O GRAU DE IMPORTÂNCIA DE CADA CRITÉRIO PARA O REFERIDO NÍVEL DE MATURIDADE EM TELA - o valor será utilizado na Máquina AHP 32 para cálculo dos PESOS FINAIS dos critérios
- 2- OS CRITÉRIOS DEVEM SER RANQUEADOS POR ORDEM DE IMPACTO PARA O REFERIDO NÍVEL TRL CONFORME AVALIAÇÃO DE ESPECIALISTAS
- 3- ATRAVÉS DA ESCALA PRINCIPAL (COLUNA VERDE) DEVE-SE ATRIBUIR PARA CADA CRITÉRIO O CORRESPONDENTE VALOR NUMÉRICO DA IMPORTÂNCIA - ESCALA PRINCIPAL SAATY (1991)\*

PREMISSAS: PODE-SE TER CRITÉRIOS SEMELHANTES FORMANDO APENAS UM GRUPO, OU SEJA, PODE-SE ADMITIR CRITÉRIOS COM MESMO GRAU DE IMPORTÂNCIA (ESCALA PRINCIPAL) FORMANDO UM GRUPO PARA O CASO DE SE TER UM GRUPO DE CRITÉRIOS COM PESO SEMELHANTE, DEVE-SE UTILIZAR A ESCALA COMPLEMENTAR (AZUL) PARA AVALIAR/DESDOBRAR A DIFERENÇA ENTRE OS CRITÉRIOS.

Tabela de Apoio para Priorização de Critérios

NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA	DEFINIÇÃO	DESCRIÇÃO E CARACTERÍSTICAS	CRITÉRIOS	Grau de Importância ESCALA PRINCIPAL	Grau de Importância ESCALA COMPLEMENTAR	LEGENDA Grau de Importância ESCALA PRINCIPAL	LEGENDA Grau de Importância ESCALA COMPLEMENTAR		
TRL 1	Princípios básicos observados e relatados	Este é o nível mais baixo de maturidade tecnológica. A pesquisa científica começa a ser traduzida em pesquisa aplicada. Os exemplos incluem estudos teóricos das propriedades básicas de uma tecnologia ou estudo experimental que consiste principalmente em observações do mundo físico e tudo que envolve o problema e as soluções atuais à problemas correlacionados. Informações de suporte incluem pesquisas publicadas ou outras referências que identificam os princípios que alicerçam a tecnologia a ser desenvolvida.	1- Foram identificadas xx			9	ALTÍSSIMA IMPORTÂNCIA	8	ALTÍSSIMA IMPORTÂNCIA
			2- Foi realizada etapa de xx			7	ALTA IMPORTÂNCIA	6	ALTA IMPORTÂNCIA
			3- Foi realizado levantamento de xx			5	IMPORTÂNCIA REGULAR	4	IMPORTÂNCIA REGULAR
			4- Foi levantada e documentada possíveis xx			3	BAIXA IMPORTÂNCIA	2	BAIXA IMPORTÂNCIA
			5- Foi identificado as principais xx			1	BAIXÍSSIMA IMPORTÂNCIA		
			6- Foi levantado se alguma outra xx						
			7- Foi realizado publicações xx						

\* SAATY, T. L. Método de Análise Hierárquica. (W. S. Silva, Trad.). Rio de Janeiro: Makrom Books, 2ª Ed. 367 p. 1991.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

De posse de cada um dos quadros preenchidos pelos especialistas, foi realizado o preenchimento de cada uma das priorizações para cada um dos níveis TRL na Máquina AHP 32. Esta ferramenta foi desenvolvida pela Chesf em parceria com centro de pesquisa CLAEQ. Após a inserção das priorizações para cada um dos critérios a ferramenta roda o algoritmo implementado para calcular os pesos, o índice de consistência e a razão de consistência. Todo o procedimento de cálculo feito pela ferramenta está explicado no exemplo destacado no apêndice F. Na Figura 16 é apresentada a tela inicial da Máquina AHP 32.

Figura 16 Aplicativo proprietário Máquina AHP 32.



### Escolher Simulação

Quando estiver em uma simulação e quiser voltar para escolher outra simulação, recarregue a página (F5).

Fonte: Aplicativo AHP desenvolvido pela CHESF em parceria com a CLAEQ.

De posse dos pesos calculados pela Máquina AHP 32 para cada uma das perguntas/critérios de cada um dos níveis TRL, foi realizado o lançamento dos dados nos campos específicos do algoritmo do aplicativo na parte específica que trata do cálculo TRL Setor Elétrico. Concomitante ao fechamento do algoritmo, procedeu-se com o desenvolvimento da *interface*, incluindo as telas, botões, rotinas de navegação e telas para acesso aos relatórios de tomada de decisão. Na Figura 17 abaixo é apresentada a tela do primeiro módulo do aplicativo TRL SETOR ELÉTRICO V.01. Pode-se observar na figura uma breve introdução apresentando a principal fundamentação teórica utilizada na implementação do aplicativo. Destaque também aos botões de navegação especialmente criados para o aplicativo.

**Figura 17 Tela de acesso ao método TRL SETOR ELÉTRICO V.01.**



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Foi implementado no algoritmo, como avanço a ferramenta proposta por Rocha; Melo; Ribeiro (2017) e aderente ao originalmente proposto por Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003), dois (2) níveis de controle para avanço de TRL: i) percentual de tolerância para admitir as perguntas dos critérios como atendidas; ii) percentual de tolerância para admitir o avanço de TRLs. Ainda, foi programada também a possibilidade de o administrador do aplicativo definir o percentual de marcação gráfica do percentual de evolução do TRL, ou seja, o valor percentual no qual o gráfico começaria a registrar a evolução do nível de TRL aplicando a cor amarela (ver Figura 18). Por *default* o gráfico de avaliação do nível de maturidade parte inicialmente na cor branca, ou seja, sem nenhum critério atendido, variando para a cor vermelha (algum critério atendido),

passando pela amarela (caso atenda o percentual definido pelo administrador do aplicativo), até o atendimento mínimo da tolerância para avanço de TRL que muda a cor do gráfico para azul, verde ou cinza.

Na Figura 18 pode-se observar os valores iniciais das tolerâncias definidas:

- i) percentual de tolerância para admitir as perguntas dos critérios como atendidas = 80%;
- ii) percentual de tolerância para admitir o avanço de TRLs = 90%;
- iii) percentual do processo de evolução da TRL = 50%.

**Figura 18 Tela de acesso a definição das tolerâncias para TRL SETOR ELÉTRICO V.01.**

The screenshot shows a web application interface for configuring TRL (Technology Readiness Level) parameters for the Electrical Sector (V.01). The interface is titled "TRL SETOR ELÉTRICO V.01" and "DEFINIÇÃO DOS PERCENTUAIS DE TOLERÂNCIA PARA CONCLUSÃO DE PERGUNTAS E TRANSIÇÃO DE NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA -TRL". It contains three main sections, each with a description and a numerical value:

- Tolerância para Conclusão das Perguntas:** (Blue background) - Below, in the blue control, you can change the standard value that the application will use to determine the conclusion of a question in the TRL evaluation process.
- Tolerância para Avanço de TRLs:** (Green background) - Below, in the green control, you can change the standard value that the application will use to determine the moment of advancement between TRLs.
- Percentual do Processo de Evolução da TRL:** (Yellow background) - Below, in the yellow control, you can assign a minimum percentage to mark the moment that the technology begins to evolve in a TRL.

At the bottom of the screen, there are three navigation icons: "INÍCIO" (Home), "SALVAR" (Save), and "ACESSO - TRL" (Access - TRL). The current values for the sliders are 80%, 90%, and 50% respectively.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Outro avanço que foi integrado ao módulo TRL SETOR ELÉTRICO V.01 foi a avaliação em separado do nível de maturidade com foco no atendimento as orientações intrínsecas da norma ABNT ISO 16290:2015, proposto originalmente por Rocha; Melo; Ribeiro (2017). Durante a definição dos critérios visualizou-se a importância de separar critérios específicos que carregam consigo a essência da norma dos demais critérios que teriam como essência aprimorar e enriquecer a análise do alcance da maturidade tecnológica pelo objeto em estudo. Estes últimos critérios foram batizados como “critérios criados pelos especialistas” os quais buscam agregar na análise do nível de maturidade quando confrontado a realidade técnica e regulatória do setor elétrico brasileiro.

Adicionalmente, durante a análise da ferramenta proposta por Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003), viu-se que o algoritmo de decisão desconsidera os percentuais alocados pelos avaliadores que estiverem abaixo da tolerância mínima de atendimento de pergunta/critério. Esta desconsideração restringe as análises e os possíveis avanços de nível que poderiam ocorrer pela compensação entre os percentuais informados para os diferentes critérios em um nível, sendo que, pelo algoritmo atual da ferramenta de Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003) não seria possível acontecer. Assim, propondo mais uma evolução, foi implementado no algoritmo do módulo TRL SETOR ELÉTRICO V.01 a geração de mais uma análise de nível de maturidade desconsiderando a tolerância mínima de atendimento de pergunta/critério, agregando um espectro a análise e no processo de tomada de decisão.

Desta forma, o módulo TRL SETOR ELÉTRICO V.01 emite relatórios com avaliação do nível de maturidade através de três (3) grupos de gráficos distintos: i) Gráficos na cor Azul - TRL alcançado observando o atendimento a todas as perguntas/critérios elegidos com aplicação das duas tolerâncias restritivas (gráficos conservadores – maior exigência); ii) Gráficos na cor Verde - TRL alcançado observando as respostas a todas as perguntas/critérios com foco ao atendimento da norma ABNT ISO 16290:2015; iii) Gráficos na cor Cinza - TRL alcançado observando as respostas a todas as perguntas/critérios elegidos sem aplicação da tolerância mínima de atendimento de pergunta/critério mas atendendo a tolerância mínima para avanço de TRL (gráficos com grau menor de exigência). Os gráficos serão visualizados na seção 4.2.1.4.

Outro ponto de evolução ao algoritmo foi a listagem nos relatórios as perguntas/critérios que não satisfizeram as tolerâncias mínimas exigidas. A elucidação das listagens em cada grupo de gráficos possibilita uma análise apurada dos usuários sobre os pontos que merecem evolução ou cuidado para que o projeto ou a tecnologia alcance o nível de maturidade pretendido/desejado. Ainda possibilita a rápida comparabilidade pontual entre os resultados. No próximo capítulo será apresentado exemplos demonstrando a evolução proposta.

A partir do desenvolvimento da atividade A32, que resultou no desenvolvimento da primeira parte do aplicativo com foco no TRL Setor Elétrico, foi desenvolvida a atividade A33 de adaptação do método DRL ao Setor Elétrico (ver Figura 12). A execução da atividade contou com os excelentes resultados dos trabalhos de Paun (2012, 2011) e Liu; Subramanian; Hang (2020, 2019) além dos demais artigos com foco em DRL, bem como, utilizou para adaptação todo o algoritmo, *interface*, telas, botões, rotinas de navegação e telas de acesso a relatórios de tomada de decisão que foram implementados para o módulo TRL SETOR ELÉTRICO V.01.

Em resumo foram realizadas as seguintes macro ações de desenvolvimento na atividade A33 de adaptação do modelo DRL Setor Elétrico:

- i) modelagem do algoritmo do módulo DRL Setor Elétrico partindo do conhecimento absorvido dos artigos que abordaram DRL e do que foi produzido para a avaliação da TRL;
- ii) minuta de redação dos critérios/perguntas para cada um dos níveis DRL adaptado as características técnicas e normatização de P&D do setor elétrico;
- iii) contato com pelo menos seis (6) especialistas para análise e colaboração sobre cada um dos critérios/perguntas dos respectivos níveis DRL;
- iv) desenvolver *interface* e telas de navegação, ou seja, o *design* do aplicativo buscando facilitar o uso e a interação com o usuário final;
- v) implementar relatórios que subsidiem informações completas e precisas a fim de fundamentar o processo de tomada de decisão pelo usuário.

Como o módulo TRL SETOR ELÉTRICO V.01 foi concebido a partir de um referencial teórico extremamente validado por instituições de renome mundial, adaptação esta que seguiu as orientações destes documentos e também da norma ABNT ISO 16290:2015 correlacionando tudo com a regulamentação de P&D ANEEL e com as características técnicas e administrativas do setor elétrico, o desenvolvimento do algoritmo do módulo DRL SETOR ELÉTRICO V.01 seguiu a mesma base de conhecimento, adensando sua escrita e desenvolvimento com as orientações dos referenciais teóricos específicos em DRL.

Manteve-se como padrão o *layout*, *interface* e *design* desenvolvidos para o módulo TRL SETOR ELÉTRICO V.01, uma vez que ambas as ferramentas irão compor apenas um único aplicativo que tem como objetivo final agregar as duas avaliações de maturidade fechando a avaliação do nível de risco de sucesso de um processo futuro de transferência de tecnologia, a “hibridização” de Paun (2012, 2011) e/ou o “*fit*” de Liu; Subramanian; Hang (2020, 2019).

Outro passo de extrema importância foi a definição das perguntas/critérios para cada um dos níveis DRL. Da mesma forma que ocorreu para o TRL, foi contatado pelo menos seis (6) especialistas para avaliação e evolução sobre uma lista preliminar proposta a partir do estudo dos artigos do referencial teórico. Para definição das perguntas, primeiramente foi definido o foco dos critérios. A partir do estudo do referencial teórico atinente a DRL e sua correlação aos referenciais teóricos atinentes ao processo de pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor

elétrico estudado, foram determinados os seguintes focos de análise, Tabela 2, o qual direcionou a elaboração dos critérios e respectivas perguntas .

**Tabela 2 Enquadramento das perguntas DRL por foco do critério.**

ENQUADRAMENTO DAS PERGUNTAS POR FOCO DO CRITÉRIO						
PERGUNTAS FORMULADAS PELOS ESPECIALISTAS						
Aderência aos Negócios e ao Planejamento da Empresa	Enquadramento e Caracterização Técnica, Administrativa e Regulatória	Alinhamento com Projetos, Soluções, Tecnologias e/ou Sistemas Legados	Atendimento aos Requisitos Técnicos, Administrativos e Regulatórios	Resultados, Benefícios, e Impactos aos Negócios e a Sociedade	Recursos Internos e/ou Externos para o Desenvolvimento ou Integração Tecnológica	Definição da Estratégia do Desenvolvimento
6	5	5	5	3	9	4
<b>TOTAL DE PERGUNTAS</b>						
<b>37</b>						

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Um ponto de relevância é o menor quantitativo de critérios/perguntas quando comparado com o método TRL Setor Elétrico, foram ao todo trinta e sete (37) perguntas/critérios distribuídos em cada DRL conforme Tabela 3. Ademais, conforme resultado do levantamento bibliográfico, para a avaliação da DRL não foi instituída normatização (NBR ou ISO) como no caso da TRL, o que deixa livre aos especialistas a caracterização dos referidos critérios e suas respectivas perguntas a serem avaliadas.

**Tabela 3 Enquadramento das perguntas em cada DRL.**

PERGUNTAS/CRITÉRIOS POR NÍVEL DE MATURIDADE								
DRL 1	DRL 2	DRL 3	DRL 4	DRL 5	DRL 6	DRL 7	DRL 8	DRL 9
4	6	4	4	4	3	4	4	4
<b>37</b>								

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Uma questão que foi apreciada foi da necessidade ou não de se aferir peso a cada uma das perguntas/critérios dos níveis DRL. Durante o processo de avaliação pelos especialistas a questão foi trazida a discussão, sendo por unanimidade decidido que não seria necessária, pois perseguiu-se na formulação das perguntas uma rota unificada para avaliação de critérios amplos e específicos, o que determinou um menor quantitativo. Outro ponto que fundamentou esta decisão foi de deixar os quesitos em um mesmo nível de importância. Ficou acordado que ao longo do uso do aplicativo, a partir das experiências observadas e da avaliação dos resultados, poderia ser realizada uma nova rodada de avaliação da necessidade da aferição dos pesos. Desta forma, tomou-se a decisão de implementar o algoritmo do módulo DRL SETOR ELÉTRICO V.01 com os campos futuros para determinação dos pesos, caso no futuro seja revista a decisão.

Na Figura 19 abaixo apresenta-se a tela do segundo módulo do aplicativo de acesso ao método DRL SETOR ELÉTRICO V.01. Da mesma forma que o módulo TRL SETOR ELÉTRICO V.01, visualiza-se na primeira tela uma breve introdução apresentando a principal fundamentação teórica utilizada na implementação do aplicativo. Destaque também aos botões de navegação especialmente criados para o aplicativo.

**Figura 19 Tela de acesso ao método DRL SETOR ELÉTRICO V.01.**



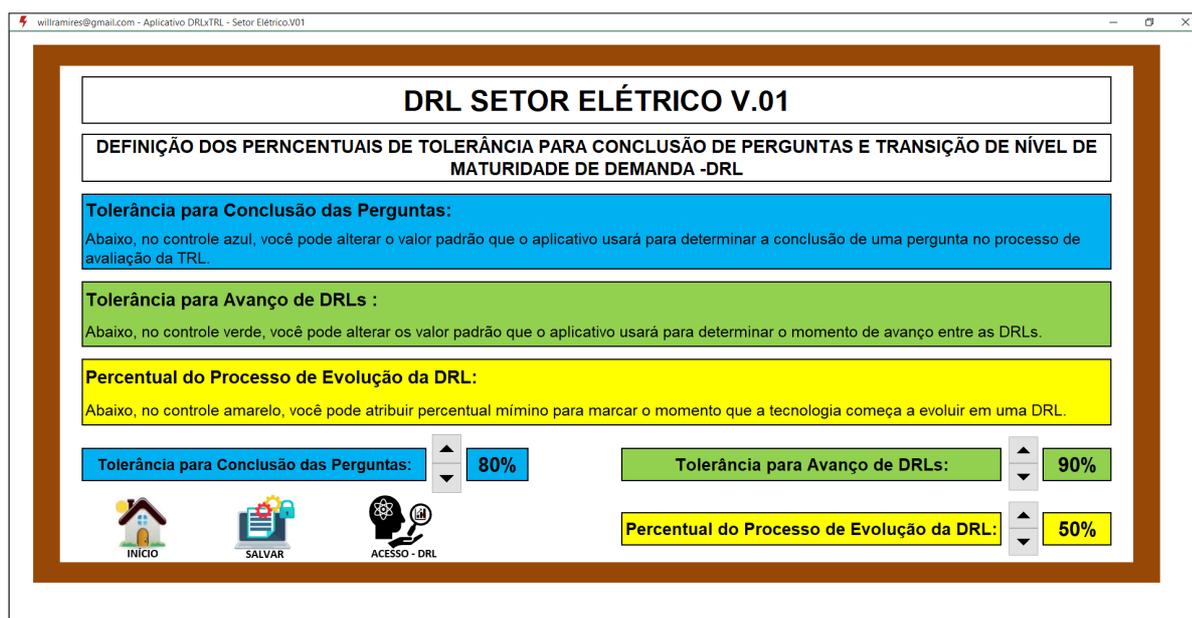
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Seguindo a mesma lógica implementada no módulo TRL SETOR ELÉTRICO V. 01 e o procedimento validado por Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003) e Rocha; Melo; Ribeiro (2017), foi implementado no algoritmo os dois (2) níveis de controle para avanço de DRL: i) percentual de tolerância para admitir as perguntas dos critérios como atendidas; ii) percentual de tolerância para admitir o avanço de DRLs. Bem como foi programada também a possibilidade de o administrador do aplicativo definir o percentual de marcação gráfica do percentual de evolução do DRL, gráfico na cor amarela (ver Figura 20). A paleta de cores para definir os avanços foi essencialmente a utilizada no módulo TRL SETOR ELÉTRICO V.01. A diferença foi a definição da cor marrom e cinza para demonstrar o avanço de DRL. Manteve-se a cor branca para mostrar que nenhum critério fora atendido e a cor vermelha para mostrar que algum critério teria sido atendimento, mas que o percentual ainda está abaixo para se admitir a cor amarela

como de evolução mínima de maturidade. Na Figura 20 pode-se observar os valores iniciais das tolerâncias definidas:

- iv) percentual de tolerância para admitir as perguntas dos critérios como atendidas = 80%;
- v) percentual de tolerância para admitir o avanço de TRLs = 90%;
- vi) percentual do processo de evolução da TRL = 50%.

**Figura 20 Tela de acesso a definição das tolerâncias para DRL SETOR ELÉTRICO V.01.**



**DRL SETOR ELÉTRICO V.01**

**DEFINIÇÃO DOS PERCENTUAIS DE TOLERÂNCIA PARA CONCLUSÃO DE PERGUNTAS E TRANSIÇÃO DE NÍVEL DE MATURIDADE DE DEMANDA -DRL**

**Tolerância para Conclusão das Perguntas:**  
Abaixo, no controle azul, você pode alterar o valor padrão que o aplicativo usará para determinar a conclusão de uma pergunta no processo de avaliação da TRL.

**Tolerância para Avanço de DRLs :**  
Abaixo, no controle verde, você pode alterar os valor padrão que o aplicativo usará para determinar o momento de avanço entre as DRLs.

**Percentual do Processo de Evolução da DRL:**  
Abaixo, no controle amarelo, você pode atribuir percentual mínimo para marcar o momento que a tecnologia começa a evoluir em uma DRL.

Tolerância para Conclusão das Perguntas: 80%

Tolerância para Avanço de DRLs: 90%

Percentual do Processo de Evolução da DRL: 50%

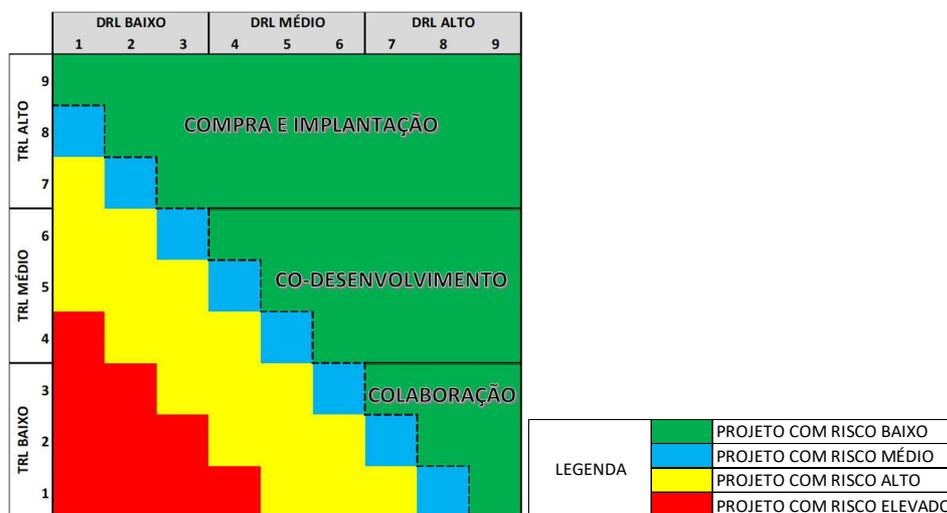
INICIO SALVAR ACESSO - DRL

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Diferentemente do módulo TRL SETOR ELÉTRICO V.01, o módulo DRL SETOR ELÉTRICO V.01 emite relatórios com avaliação do nível de maturidade através de dois (2) grupos de gráficos distintos, pois não existe norma NBR ou ISO relaciona a DRL: i) Gráficos na cor Marrom - DRL alcançado observando as respostas a todas as perguntas/critérios elegidos com aplicação das duas tolerâncias restritivas (gráficos conservadores – maior exigência); ii) Gráficos na cor Cinza - DRL alcançado observando as repostas a todas as perguntas/critérios elegidos sem aplicação da tolerância mínima de conclusão de pergunta/critério mas atendendo a tolerância mínima para avanço de TRL (gráficos com grau menor de exigência). Mantendo a mesma lógica de avaliação implementada no módulo TRL SETOR ELÉTRICO V.01, foi programado no algoritmo a publicação da listagem das perguntas/critérios que não satisfizeram as tolerâncias mínimas exigidas para cada um dos nos relatórios gráficos. Os gráficos serão visualizados na seção 4.2.1.4.

Finalizando o desenvolvimento do aplicativo e buscando materializar de forma prática os procedimentos de avaliação do grau de risco para o sucesso de um processo de transferência de tecnologia, ou seja, a aferição da existência da “hibridização” entre o *Market Pull* – DRL e o *Technology Push* – TRL proposto por Paun (2012, 2011) e validado por Liu; Subramanian; Hang (2020, 2019) o qual batizou-a de “*fit*”, foi implementado a junção dos resultados dos algoritmos individuais de cada um dos módulos alimentando um terceiro algoritmo com o objetivo de gerar relatório aferindo o grau de risco para o sucesso de um processo de transferência de tecnologia. Abaixo na Tabela 4 é mostrada a matriz que foi adaptada a partir dos resultados de Liu; Subramanian; Hang (2020, 2019) que nortearam a implementação do citado algoritmo. A abertura do nível de risco e sua graduação em cores apresentado na legenda é uma proposta desta pesquisa e tomou como base os resultados apresentados nos estudo de Liu; Subramanian; Hang (2020, 2019) e de Paun (2012, 2011). No capítulo 4.3 será apresentado exemplos práticos demonstrando a evolução proposta e os resultados alcançados com a aplicação do método.

**Tabela 4 Matriz DRL x TRL Nível de Risco processo de transferência de tecnologia.**



Fonte: Adaptado de Liu; Subramanian; Hang (2020, 2019).

Para realizar a modelagem, desenvolvimento e implementação do algoritmo e todo o *design* do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico foi utilizado a linguagem *Visual Basic for Applications* através do aplicativo Microsoft® Excel® do Office 365®. O Aplicativo final foi batizado com o nome “DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01”. Na Figura 21 apresenta-se a tela inicial do aplicativo.

**Figura 21 Tela inicial do aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01.**

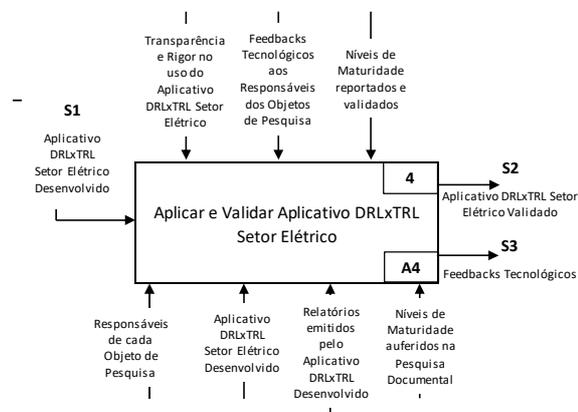


Fonte: Elaborado pelo Autor.

#### 4.2.1.4 Processo A4 - Aplicar e Validar Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico

Finalizando o desdobramento das atividades principais de desenvolvimento, implementação e validação do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico, desdobrou-se a atividade A4 (Figura 22). Esta última atividade é alimentada com o resultado da atividade A3 a qual foi alimentada com os resultados em cascata de A2 e A1. A atividade A4 possui alinhamento direto com os objetivos específicos da pesquisa, bem como com objetivo geral. Tem como resultado principal a aplicação e validação do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico.

**Figura 22 Modelagem IDEF0 – Processo A4.**



Fonte: Elaborado pelo Autor.

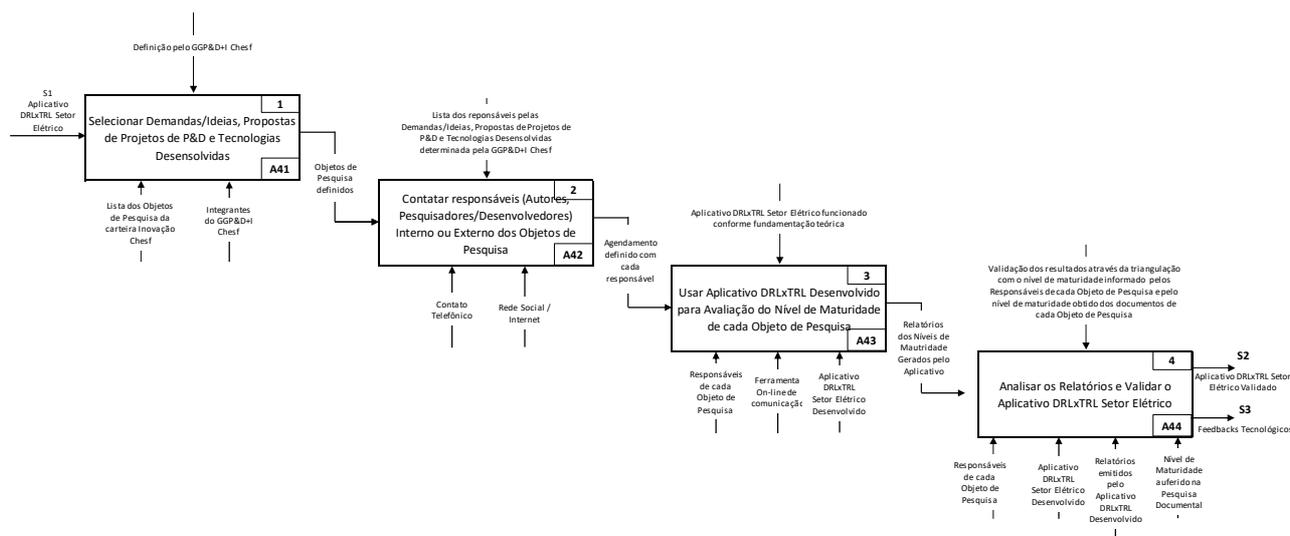
Como mecanismos para o desenvolvimento desta atividade, o principal foi a utilização do aplicativo desenvolvido pelos responsáveis (pesquisadores/desenvolvedores) de cada um dos objetos de pesquisa (demandas/ideias, respectivas propostas de projetos de P&D+I selecionadas e produtos tecnológicos desenvolvidos). O objetivo principal deste primeiro mecanismo foi obter *feedbacks* dos respectivos profissionais com relação a usabilidade do aplicativo, mas principalmente a validação dos relatórios emitidos pelo aplicativo os quais avaliaram o nível de maturidade de cada uma das demandas/ideias, das propostas de projeto de P&D+I e dos produtos tecnológicos. Ainda, buscou-se dos responsáveis a validação do relatório de fechamento de avaliação do grau de risco de sucesso para um propenso processo de transferência de tecnologia.

Outro mecanismo de extrema importância foi a comparação dos resultados do nível de maturidade reportado pelo aplicativo com os níveis de maturidade preliminares aferidos após a avaliação dos documentos dos respectivos objetos de pesquisa. Os documentos de cada objeto de pesquisa foram rigorosamente analisados com a extração das informações chave para determinar o nível de maturidade preliminar aplicando as escalas TRL e DRL proposto para o setor elétrico.

Com relação aos controles, o processo de utilização do aplicativo desenvolvido foi realizado com a devida transparência e rigor metodológico, conferindo ao processo elevado grau de veracidade e principalmente o sigilo obrigatório das informações reportadas pelos pesquisadores/desenvolvedores à ferramenta. Dois controles desta atividade A4 merecem destaque: os *feedbacks* tecnológicos dos responsáveis dos objetos de pesquisa e o reporte e validação dos níveis de maturidade relatados nos relatórios emitidos pelo aplicativo desenvolvido. Ambos os controles foram devidamente atendidos bem como os anteriores, o que levou ao êxito a conclusão da atividade. No contexto geral, esta atividade reportou resultados de extrema riqueza científica os quais foram bastante elogiados por todos que participaram do processo de uso na prática. O processo de utilização ocorreu de forma *on-line* devido a pandemia mundial do vírus SARS-CoV-2 (COVID-19).

Na Figura 23 é apresentado o desdobramento hierárquico do nível A4. Neste pode-se observar as quatro atividades, os respectivos controles e mecanismos (recursos), bem como as respectivas entradas e saídas (resultados).

**Figura 23 Modelagem IDEF0 – Terceiro nível hierárquico - Processo A4.**



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O resultado da primeira atividade (A41) foi apresentado na seção 1.4.1.1 com a definição dos objetos de pesquisa que passaram pelo processo de avaliação do nível de maturidade. Com relação as atividades A42 e A43, ambas ocorreram sem nenhuma intercorrência. As atividades previstas foram realizadas com a participação dos profissionais de cada uma das demandas, propostas de projetos de P&D e produtos tecnológicos desenvolvidos a partir da lista definida pelo GGP&D+I da Chesf. A duração média da atividade A43 foi de 4 horas, ou seja, a dedicação de todos os responsáveis foi além da expectativa.

Conforme relatado anteriormente as atividades foram extremamente ricas em conteúdo, possibilitando a realização de reflexões e a revisitação de como ocorreu a formulação das demandas/ideias, das respectivas propostas de projeto de P&D+I e principalmente como ocorreu o desenvolvimento tecnológico de cada um dos produtos tecnológicos analisados. Para estes últimos, a atividade foi de extremo interesse dos pesquisadores/desenvolvedores, pois mostrou ser uma oportunidade de reflexão sobre os estágios reais alcançados de maturidade, bem como o que deveria ser feito para evolui-los, seja com relação a aspectos de natureza técnica (gargalos potenciais) como aos aspectos administrativos e de mercado, com intuito de avançar no processo de transferência de tecnologia e a inserção da tecnologia em mercados futuros.

A atividade A44 foi realizada no mesmo dia após a realização da atividade A43, utilizando os mecanismos relacionados na Figura 23 atendendo com rigor o controle especificado: validação dos resultados informados pelo aplicativo através do método de

triangulação com a análise comparativa com o resultado do nível de maturidade informado pelos responsáveis (autores, pesquisadores/desenvolvedores) e com o nível de maturidade preliminar aferido a partir da análise dos documentos de cada objeto de pesquisa.

Para validação do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico e dos resultados reportados, foi utilizado o procedimento de triangulação para comparação do resultado de três fontes de dados, verificando a existência da convergência dos resultados conforme proposto por Yin (2001) e Patton (2002). No caso desta pesquisa o procedimento para avaliação do nível de maturidade de cada uma das demandas/ideias, das respectivas propostas de projetos de P&D+I selecionadas e dos produtos tecnológicos desenvolvidos foi realizado através de três métodos, os quais geraram três resultados e que foram confrontados através do procedimento de triangulação:

- (i) avaliação preliminar com a aplicação do conhecimento adquirido em DRL e TRL sobre as informações e dados extraídos do levantamento documental dos objetos de pesquisa;
- (ii) uso *on-line* do aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01 pelos responsáveis dos objetos de pesquisa avaliando o nível de maturidade a partir da alimentação das informações e dados;
- (iii) aferição do nível de maturidade através da sensibilidade técnica dos responsáveis dos objetos de pesquisa os quais receberam preliminarmente sensibilização teórica sobre DRL e TRL para fundamentar o devido enquadramento nas escalas correspondentes.

Primeiramente foi aferido o nível de maturidade de cada um dos objetos de pesquisa através da aplicação do conhecimento extraído da fundamentação teórica sobre DRL e TRL (capítulo 2) com as informações e dados do conteúdo técnico/administrativo registrado da pesquisa documental de cada um dos objetos de pesquisa. De fato, o material disponível é extremamente rico, com informações e dados detalhados que possibilitaram a avaliação preliminar do nível de maturidade de cada um dos objetos de pesquisa utilizando o conhecimento DRLxTRL adquirido da fundamentação teórica.

Após essa primeira avaliação de maturidade foi realizada o segundo método, a do uso *on-line* do aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01 por parte dos responsáveis dos objetos de pesquisa (demandas/ideias, das respectivas propostas de projetos de P&D+I selecionadas e dos produtos tecnológicos desenvolvidos), para avaliação do nível de maturidade. Ou seja, conforme relatado na seção 3.1.1 e programado na atividade A4, o uso do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico ocorreu diretamente no processo de gestão da inovação da Chesf, sendo estendido

para o ambiente de pesquisa de instituições parceiras. Os responsáveis reportaram as informações e dados característicos no aplicativo, e através destas informações o algoritmo gerou os relatórios com a aferição do nível de maturidade de cada um dos objetos de pesquisa sob avaliação. Os resultados auferidos não foram prontamente revelados aos responsáveis para dar início a terceira e última fase do processo de avaliação.

A terceiro método consistiu na aferição do nível de maturidade através da sensibilidade técnica por parte dos responsáveis pelas demandas/ideias, das respectivas propostas de projetos de P&D+I selecionadas e pelos desenvolvedores dos produtos tecnológicos. Para êxito desta terceira aferição, primeiramente foi realizado procedimento de transferência de conhecimento com relação a TRL e DRL aos participantes. Após o processo de nivelamento teórico e da recapitulação dos objetos de pesquisa, os respectivos responsáveis foram conduzidos a enquadrar na escala a percepção do respectivo nível de maturidade aderente a realidade de cada objeto de pesquisa. Como os responsáveis conheciam muito bem os objetos de pesquisa, a aferição do nível de maturidade utilizando as escalas TRL e DRL adaptadas ao Setor Elétrico ocorreu de forma consciente e aderente a realidade.

Após a conclusão desta última fase os resultados dos níveis de maturidade reportados nos três métodos foram comparados através da aplicação do procedimento de triangulação, o que pode identificar o nível de aderência e a convergência ou não dos resultados reportados pelo aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01. O objetivo final foi validar todo o desenvolvimento realizado. Os resultados finais do processo serão apresentados na próxima seção (4.3). No apêndice E é apresentada todas as hierarquias IDEF0 com as devidas interligações, com o fluxo completo das atividades de desenvolvimento, os respectivos mecanismos, controles, entradas e saídas.

#### **4.3 Validação do Aplicativo “DRLxTRL Setor Elétrico V.01” – Casos Reais Chesf**

De posse do Quadro 1 e do Quadro 2 definido pelo GGP&D+I da Chesf onde foi listado as demandas/ideias, propostas de projetos de P&D+I e produtos tecnológicos desenvolvidos que na visão dos gestores são ótimos objetos de pesquisa para validação do aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01, foi operacionalizado a execução da etapa 5 iniciado pela primeira atividade: levantar documentos e evidências de cada um dos objetos de pesquisa para identificar preliminarmente o nível de maturidade correlacionado aplicando a fundamentação teórica estudada. De fato, a riqueza do conteúdo documentos e evidências facilitou a análise preliminar do nível de maturidade. Por exemplo, com relação aos onze (11) produtos

tecnológicos, estes foram desenvolvidos a partir de projetos de pesquisa que tiveram em média 36 meses de execução e que, por procedimento técnico da Chesf e regulamentação ANEEL, geraram relatórios mensais ou trimestrais de acompanhamento, relatórios ao final de cada etapa e ao final do projeto um relatório técnico executivo apresentando todo o desenvolvimento técnico como os objetivos alcançados, os desafios desbravados, as características técnicas do produto final desenvolvido e o descritivo dos futuros benefícios e impactos a serem alcançados após a inserção do produto no ambiente operacional da empresa.

Da mesma forma que os produtos tecnológicos, os documentos das demandas/ideias, das respectivas chamadas públicas e das propostas de projetos de P&D+I selecionadas foram extremamente salutares e permitiu com facilidade a avaliação preliminar do nível de maturidade das informações. De fato, a escolha das últimas demandas/ideias tratadas pela Chesf facilitou o processo de avaliação, pois os documentos eram recentes e estavam totalmente disponíveis e completos. Os documentos disponibilizados descreveram desde o lançamento da demanda/ideia em sistema próprio de coleta da Chesf, sistema que contém entre outras informações: a descrição da justificativa, dos benefícios e impactos, os objetivos a serem alcançados, o autor e a respectiva área organizacional. Ainda foi disponibilizado documentos adicionais que alicerçaram a motivação da demanda/ideia e o conteúdo completo das últimas chamadas públicas (Chamada Pública P&D+I 02/2017 e 02/2019) lançadas na página oficial da Chesf na internet, no canal Inovação em Chamadas Públicas:

<https://www.chesf.gov.br/pdi/Pages/Como%20participar/ComoParticipar.aspx>.

Fechando a listagem dos documentos das respectivas demandas/ideias foram disponibilizadas as propostas de projetos selecionadas em primeiro lugar para cada uma das chamadas públicas, bem como, apresentações que foram realizadas pelas instituições proponentes e documentos adicionais obrigatórios conforme editais das chamadas públicas.

#### 4.3.1 Análise preliminar do nível TRL e DRL das demandas/ideias, propostas de projetos e produtos tecnológicos Chesf

A.1) Avaliação preliminar das duas (02) demandas/ideias, das respectivas propostas de projetos de P&D+I e dos onze (11) produtos tecnológicos

De posse de toda a documentação foi utilizado as orientações de Creswell (2007) para análise de conteúdo. Para a definição do nível de maturidade preliminar, confrontou-se as

informações técnicas e administrativas coletadas com as orientações da fundamentação teórica estudada, principalmente ABNT (2015), ISO (2013), Mankins (2009b, 2002, 1995), Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003) e o conteúdo dos quadros: Quadro 17, Quadro 18, Quadro 19, Quadro 20, Quadro 21 e Quadro 22 propostos para uso das metodologias TRL e DRL no setor elétrico. A seguir é apresentado o resultado da avaliação preliminar do nível de maturidade DRL e TRL de cada um dos objetos de pesquisa (Quadro 24, Quadro 25 e Quadro 26).

**Quadro 24 Avaliação Preliminar Nível DRL das Demandas/Ideias de Inovação das Chamadas Públicas P&D+I.**

Chamada Pública	Título da Demanda/Ideia	DRL Preliminar
P&D+I 02/2017	Aerogeradores e as melhorias no processo de conversão de energia com integração a outras fontes.	7
P&D+I 02/2019	Minigeração fotovoltaica com armazenamento de energia por baterias como fonte autônoma de suprimento dos serviços auxiliares de subestações.	7

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 25 Avaliação Preliminar Nível TRL das Propostas de Projetos de P&D+I das Chamadas Públicas P&D+I.**

Chamada Pública	Título do Projeto de P&D+I	TRL Preliminar
P&D+I 02/2017	Sistema inteligente com aerogerador integrado às fontes de energia solar, storage e hidráulica como plataforma de desenvolvimento visando melhorias contínuas no processo de geração de energia elétrica.	3
P&D+I 02/2019	Arranjo técnico para aumento da confiabilidade e segurança elétrica aplicando armazenamento de energia por baterias e sistemas fotovoltaicos ao serviço auxiliar de subestações 230/500 kV.	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 26 Avaliação Preliminar Nível TRL - Produtos Tecnológicos.**

Produto Tecnológico	TRL Preliminar
PT 1	5
PT 2	5
PT 3	7
PT 4	5
PT 5	7
PT 6	6
PT 7	6
PT 8	4
PT 9	9
PT 10	7
PT 11	6

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme Quadro 24, observa-se que através do material fornecido foi possível identificar que as demandas/ideias possuem relevante conteúdo de informações em nível de

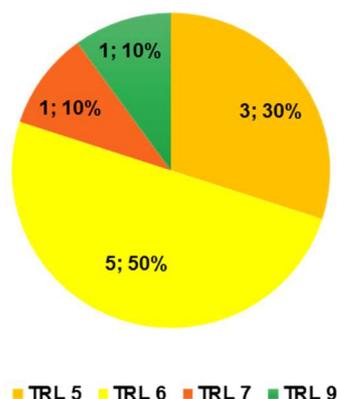
maturidade sete (7) o que possibilitou a formatação adequada dos requisitos, benefícios e objetivos descritos nas respectivas chamadas publicas P&D+I 02/2017 e P&D+I 02/2019, bem como norteou o processo de avaliação das propostas recebidas.

Com relação as propostas de projetos de P&D+I recebidas para as duas chamadas públicas, através das versões disponibilizadas das propostas que foram classificadas em primeiro lugar e das apresentações realizadas pelas instituições proponentes em arquivo PowerPoint, foi possível levantar outros documentos que conjuntamente com os documentos enviados durante a chamada pública, suportaram a avaliação preliminar do nível TRL conforme resultado apresentado no Quadro 25.

Alguns documentos adicionais foram obtidos a partir dos primeiros, como por exemplo todos os currículos lattes dos pesquisadores que fundamentaram a avaliação da expertise da instituição em projetos em temas correlacionados e até em objetivos tangenciais aos que foram propostos no projeto sob avaliação. Também foi possível identificar outros projetos de pesquisa e até produtos tecnológicos recentemente desenvolvidos pelas instituições que possibilitou inferir o *know-how* que será disponibilizado para desenvolvimento das propostas de projetos de P&D+I. Todos estes documentos e evidências possibilitaram inferir os respectivos níveis de TRL preliminares para as duas propostas de projeto. Nota-se que cada projeto possui um nível diferente de maturidade, e o resultado representa o nível de maturidade que o projeto estaria partindo para o alcance do produto final demandado na respectiva chamada pública.

Com relação aos onze (11) produtos tecnológicos desenvolvidos pela Chesf em parceria com diversas instituições de pesquisa do país, conforme Quadro 26, o nível de maturidade TRL preliminar variou, todavia o valor mínimo auferido reportou o nível de maturidade cinco (5). No Gráfico 13 a seguir apresenta-se a distribuição dos percentuais dos níveis TRL preliminares alcançados pelos produtos tecnológicos.

O resultado da avaliação preliminar demonstra que a maioria das tecnologias estão em bom nível de desenvolvimento: cinco (05) com TRL 6, um (01) com TRL 7 e um (01) com TRL 9. Convém destacar que os produtos que alcançaram o níveis TRL 5 e TRL 6, o que corresponde a 80% dos produtos, estariam no ponto de inflexão da curva de investimento, ou seja, no “vale da morte” conforme United States (2000) e Frank et al. (1996). Para estes sinaliza-se o alerta para a continuidade dos investimentos a fim de no mínimo torná-los operacionais para a empresa.

**Gráfico 13 Distribuição – Análise Preliminar Nível TRL - Produtos Tecnológicos.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme resultado, destaca-se os produtos que alcançaram os níveis preliminares TRL 7 e 9. No nível TRL 7 demonstra-se que a empresa possui uma tecnologia em nível de cabeça de série que foi validada em ambiente operacional controlado, contudo necessitaria de maiores investimentos para a inserção definitiva e a exploração além das fronteiras da empresa (se for o caso). Como destaque principal desta primeira avaliação foi identificado que uma das tecnologias alcançou o nível máximo de maturidade, TRL 9. De fato, pela documentação apresentada, a Chesf providenciou o tratamento de propriedade intelectual para o ativo e realizou seu primeiro licenciamento tecnológico. A proteção intelectual ocorreu com a geração de três marcas distintivas de produto e de serviço, e com a tramitação do pedido de patente em nível nacional e internacional. Com relação aos pedidos de patente, a empresa obteve a carta patente na China e no Escritório Europeu e em tramitação na Índia e no Brasil.

Como foi informado, os resultados da avaliação do nível de maturidade apresentados nos quadros anteriores são preliminares e indicam a expectativa inicial dos futuros resultados que serão definidos com maior propriedade quando da interação com os autores das demandas/ideias e com os pesquisadores/desenvolvedores e do uso do aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01.

#### 4.3.2 Análise do nível TRL e DRL dos produtos tecnológicos Chesf através da percepção técnica dos responsáveis e utilizando o aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico V.01

Dando continuidade à etapa 5 do processo de validação do aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01, foram obtidos com êxito a percepção técnica de cada um dos pesquisadores/desenvolvedores com relação ao nível de maturidade tecnológica alcançado em

cada um dos produtos e também o uso virtual do aplicativo com a aferição do nível de maturidade pelo Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico dos onze (11) produtos tecnológicos. O total de participantes foram de vinte e cinco (25) pessoas, sendo seis (06) funcionários da Chesf (técnicos e gestores) e dezenove (19) pesquisadores (entre doutores e mestres) das instituições parceiras: UFCG; CPQD; UFPA; ITA; UFPE; UPE; ITEM; PTI; SENAI CIMATEC-BA; SENAI RN e SENAI PE.

Os encontros virtuais ocorreram de forma intensa com duração média em torno de três (03) horas de trabalho. Os dias e horários foram agendados conforme disponibilidade de cada profissional, gerando o total de quinze (15) encontros. Seguindo o roteiro de como foi realizado o processo de avaliação, primeiramente será apresentado a avaliação do nível de maturidade dos onze (11) produtos tecnológicos pelo aplicativo, em seguida será apresentada a avaliação realizada através da percepção técnicas dos pesquisadores/desenvolvedores buscando obter a validação pelo método de triangulação. Após esta apresentação será abordado na seção 4.3.3 o processo de avaliação das demandas/ideias e das respectivas propostas de projetos de P&D+I.

#### B.1) Avaliação da maturidade dos onze (11) produtos tecnológicos pelo aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01

Como estratégia para o desenvolvimento e evolução do aplicativo, tomou-se a decisão estratégica de primeiramente avaliar os onze (11) produtos tecnológicos. Esta estratégia foi adotada primeiramente por se tratar de produtos tecnológicos finalizados onde os pesquisadores/desenvolvedores sabiam exatamente em que nível tecnológico ou do estado da técnica tinham chegado. Segundo seria avaliado somente o nível de maturidade tecnológico (TRL) alcançado, ou seja, já buscaríamos validar a primeira parte do aplicativo que fora inclusive primeiramente desenvolvido. A terceira razão é que a partir dos *feedbacks* recebido por parte de cada um dos profissionais envolvidos, foi possível evoluir os detalhes abordados em todo o aplicativo incluindo o módulo de avaliação de maturidade de demanda (DRL).

Participou deste processo os responsáveis técnicos internos e/ou externos que atuaram como gestores tecnológicos diretos. Ao todo participaram onze (11) profissionais (8 externos e 3 internos). Os encontros foram virtuais e ocorreram entre 24 e 29.06.2020. O ambiente profissional, amistoso e cordial reinou durante todo o processo, estimulando os participantes a esclarecerem dúvidas e opinarem sobre tudo o que estava sendo apresentado e discutido. Seguindo o protocolo definido, primeiramente foi realizado nivelamento sobre o referencial

teórico estudado e produzido atinente aos métodos DRL e TRL. Esta ação possibilitou a troca do conhecimento estudado e produzido durante o desenvolvimento da pesquisa.

Após o nivelamento inicial partiu-se para a utilização do aplicativo para avaliar os onze (11) produtos tecnológicos. A dinâmica do processo foi facilitada através dos aplicativos atuais de reunião pela internet. Através do compartilhamento de telas permitiu-se a ótima interação com os pesquisadores/desenvolvedores e a demonstração prática da usabilidade do aplicativo. Para facilitar o uso do aplicativo adotou-se pela experiência guiada através do compartilhamento da tela e a leitura de cada uma das perguntas que buscaram avaliar cada um dos requisitos/critérios de cada um dos níveis TRL. A dinâmica seguiu o seguintes passos:

1. Apresentação geral com navegação por todas as telas do aplicativo;
2. Preenchimento dos dados gerais do produto tecnológico a ser avaliado na tela correspondente do aplicativo;
3. Início da avaliação do nível de maturidade começando pelo TRL 1 seguindo a sequência de níveis até o último nível, ou seja, o nível onde tiver aderência com a tecnologia observado pela existência do atendimento de algum critério no respectivo nível.

No decorrer do processo permitiu-se que o pesquisador reporta-se algum ponto de evolução com relação a pergunta que estava sendo questionada. De fato, foram sugeridas contribuições que deixaram ainda mais clara e objetiva as respectivas perguntas/critérios. Convém destacar que o aplicativo foi desenvolvido para informar três (3) níveis de TRL: i) 1º TRL<sup>6</sup> - apresenta resultado “mais conservador”, pois utiliza algoritmo que leva em consideração os dois percentuais de tolerância mínimos para definição do TRL: o percentual mínimo que é considerado para a pergunta ser admitida como atendida; e o percentual mínimo para o avanço de TRL; ii) 2º TRL<sup>7</sup> – o algoritmo apresenta o nível TRL auferido após ter sido atendido os requisitos da norma NBR ISO 16290:2015. Nesta avaliação o foco são os quesitos atinentes a norma e utiliza apenas o percentual mínimo de tolerância para avanço do TRL; iii) 3º TRL<sup>8</sup> – o algoritmo apresenta o nível TRL analisando todas as respostas informadas pelo usuário sem a trava de tolerância mínima de atendimento e considera apenas como requisito o nível mínimo de tolerância para o avanço do TRL. Os detalhes da diferenciação dos três tipos de resultado TRL foram apresentados na seção 4.2.1.3.

---

<sup>6</sup> 1º TRL procedimento original da calculadora desenvolvida AFRL/NASA.

<sup>7</sup> 2º TRL procedimento proposto pelo ITA.

<sup>8</sup> 3º TRL procedimento proposto neste trabalho de pesquisa.

Após as respostas a cada uma das perguntas para os respectivos níveis TRL, o aplicativo gerou o resultado conforme Quadro 27 a seguir.

**Quadro 27 Níveis TRLs Gerados pelo Aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01.**

<b>Produto Tecnológico</b>	<b>1° TRL</b>	<b>2° TRL</b>	<b>3° TRL</b>
<b>PT 1</b>	5	5	5
<b>PT 2</b>	5	6	5
<b>PT 3</b>	7	9	7
<b>PT 4</b>	3	6	5
<b>PT 5</b>	5	7	5
<b>PT 6</b>	5	6	5
<b>PT 7</b>	5	6	5
<b>PT 8</b>	4	5	5
<b>PT 9</b>	9	9	9
<b>PT 10</b>	7	9	7
<b>PT 11</b>	5	6	5

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode-se observar pelo Quadro 27 que houve uma variação entre os resultados quando se analisa isoladamente cada um dos produtos tecnológicos. A diferença era esperada principalmente quando comparamos com o resultado aferido com foco no atendimento da NBR ISO 16290:2015 que se restringe a quesitos específicos que avaliam o atendimento ao que é exigido pela norma. As outras duas avaliações, 1° TRL e 3° TRL, utilizam além dos quesitos da essência da norma, quesitos que buscam avaliar requisitos/critérios idealizados pelos especialistas consultados durante o desenvolvimento da pesquisa, ou seja, é uma avaliação mais apurada, busca-se avaliar critérios adicionais que no entender dos especialistas são essenciais ao processo de evolução da maturidade tecnológica. Comparando os resultados de cada avaliação (1° TRL; 2° TRL e 3° TRL) para cada produto tecnológico observa-se as primeiras características:

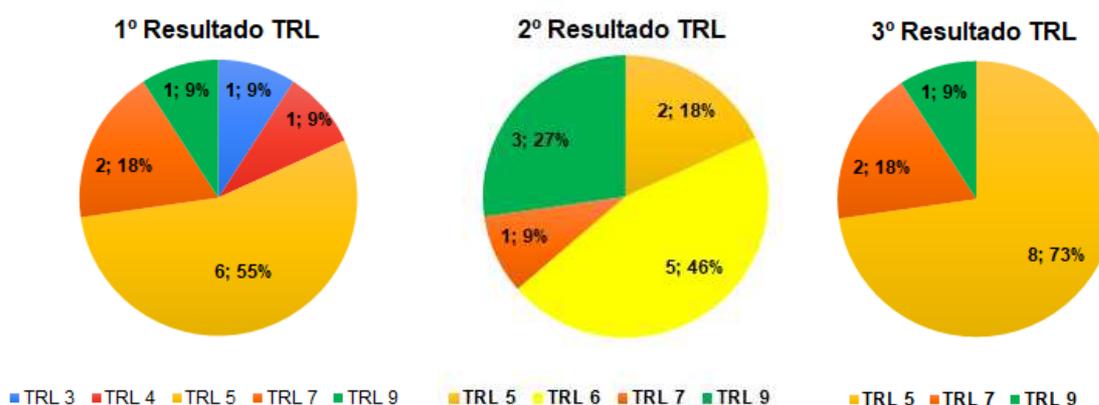
- ✓ o resultado individual foi o mesmo nos três tipos de avaliação TRL apenas para o produto tecnológico P1 e P9, apontando para os níveis TRL 5 e TRL 9, respectivamente;

- ✓ comparando as duas avaliações 1° TRL e 3° TRL para cada produto tecnológico, observa-se que os valores aferidos são diferentes apenas para os produtos tecnológicos PT 4 (TRL 3 e TRL 5) e; PT 8 (TRL 4 e TRL 5). Os demais produtos tecnológicos mantiveram o mesmo valor TRL em ambas as avaliações;

✓ a avaliação do nível de maturidade buscando o atendimento aos critérios exigidos pela norma NBR ISO 16290:2015 reportou valor maior ou igual aos níveis TRL das avaliações 1º TRL e 3º TRL.

Comparando os resultados com relação ao nível de maturidade TRL alcançado, a distribuição dos produtos tecnológicos está representada nos gráficos abaixo (Gráfico 14).

**Gráfico 14 Distribuição – Análise Nível TRL - Produtos Tecnológicos – Aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01.**



	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 9
1º Resultado TRL (1º TRL)	1	1	6	0	2	1
2º Resultado TRL (2º TRL)	0	0	2	5	1	3
3º Resultado TRL (3º TRL)	0	0	8	0	2	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando os gráficos infere-se:

✓ Os gráficos confirmam que a maioria dos produtos tecnológicos possuem nível de maturidade entre os TRL 4 e 6, ou seja, estão no ponto de inflexão no processo de desenvolvimento, o “vale da morte”: 1º TRL (64%); 2º TRL (64%); 3º TRL (73%);

✓ Comparando os resultados da avaliação 1º TRL com o 2º e 3º TRL observa-se que as duas tecnologias que apareciam no TRL 3 e TRL 4 no 1º TRL, sobem de nível de maturidade na segunda e terceira avaliação (2º e 3º TRL);

✓ O resultado confirma que a primeira avaliação 1º TRL é mais rigorosa quanto ao procedimento de análise das respostas inseridas no aplicativo, no entanto demonstra através da terceira avaliação, 3º TRL, que o avanço de nível de maturidade é possível desde que alguns requisitos técnicos sejam atendidos;

✓ Ficou evidente que, observando apenas o atendimento dos requisitos da norma NBR ISO 16290:2015 (2º TRL), o nível de maturidade atribuído aos produtos é maior, o que possibilitou o enquadramento de três produtos tecnológicos no nível máximo de maturidade TRL 9;

✓ Apenas um produto tecnológico consegue ser enquadrado no nível máximo de maturidade tecnológica (TRL 9) quando avaliado nas avaliações 1º e 3º TRL.

Buscando apresentar e detalhar o formato dos relatórios emitidos pelo aplicativo DRL x TRL SETOR ELÉTRICO V.01, a seguir será apresentado como exemplo os relatórios que foram emitidos para o produto tecnológico P4. Este produto foi escolhido, pois apresentou diferentes níveis de maturidade sendo interessante como exemplo para análise mais detalhada. Os relatórios para os demais produtos tecnológicos seguem o mesmo padrão de apresentação, a diferença está nos resultados de nível de maturidade que são intrínsecos a cada realidade de desenvolvimento tecnológico.

- Produto Tecnológico: P4

Projeto de P&D+I: PD-00048-1108/2012

Instituição Executora: Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPQD)

Nível de Maturidade Tecnológica (TRL) alcançado:

✓ 1º Resultado TRL (1º TRL) - Todos os Critérios Análise Tipo 1: Nível de Maturidade – **TRL 03**

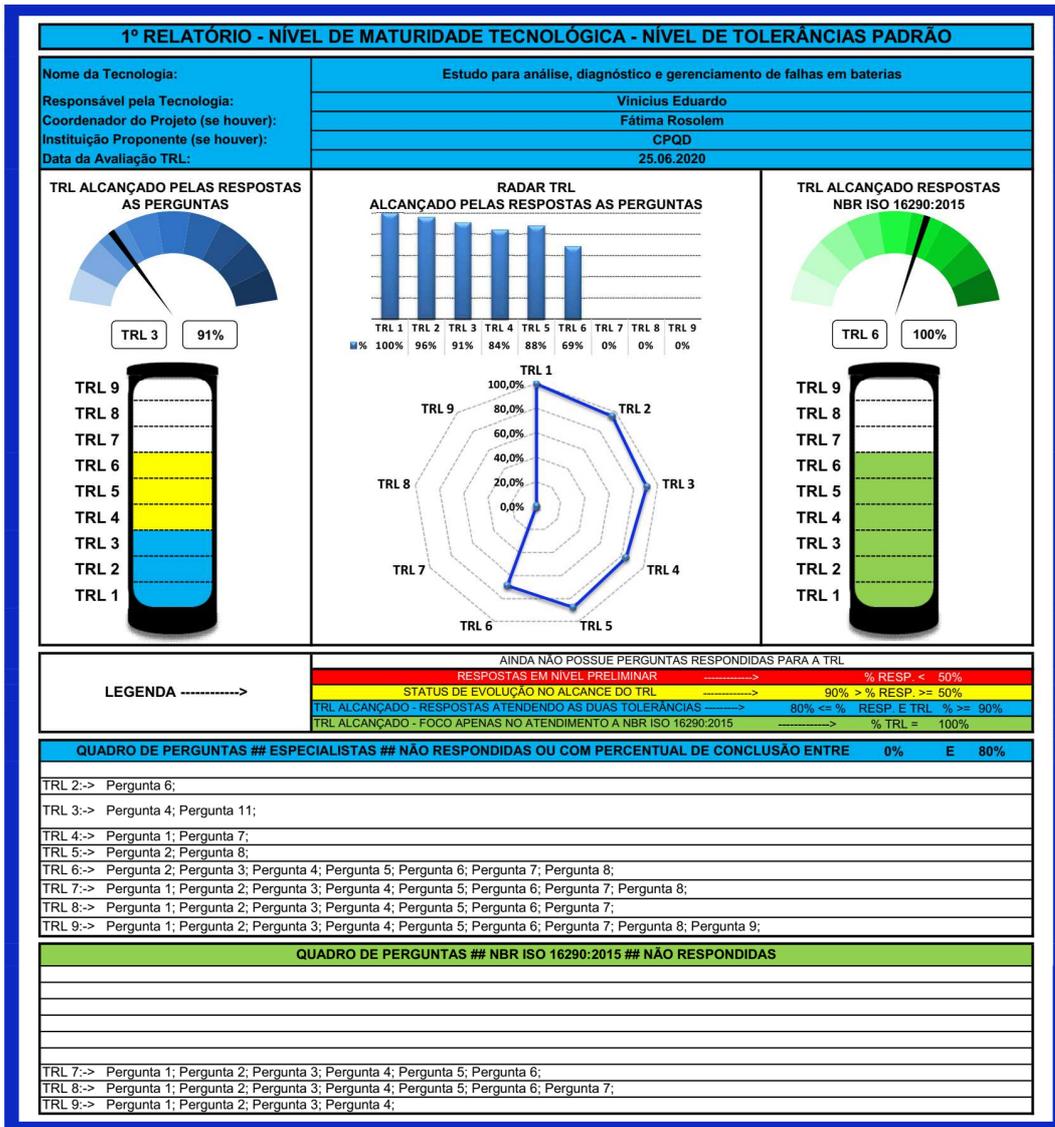
✓ 2º Resultado TRL (2º TRL) - Critérios NBR ISO 16290:2015: Nível de Maturidade – **TRL 06**

✓ 3º Resultado TRL (3º TRL) - Todos os Critérios Análise Tipo 2: Nível de Maturidade – **TRL 05**

No primeiro relatório a seguir emitido pelo aplicativo (Figura 24), temos primeiramente o cabeçalho informando o nome da tecnologia, o responsável pela tecnologia na Chesf, o nome do coordenador do projeto (se houver), a instituição proponente do projeto (se houver) e a data da avaliação da TRL. Trata-se de um cabeçalho padrão para as avaliações de TRL. Após o cabeçalho é apresentado três colunas de gráficos onde: o da esquerda reporta o resultado do 1º TRL calculado no formato de um gráfico do tipo termômetro e outro no formato velocímetro;

os do meio reportam o detalhamento gráfico do 1º TRL calculado: um gráfico no formato de barras para cada TRL e um gráfico de teia mostrando o comportamento percentual e; na direita reporta o 2º TRL calculado tomando como base a NBR ISO 16290:2015, também com um gráfico termômetro e outro no formato velocímetro.

Figura 24 Relatório 1 - Avaliação do Nível de Maturidade Tecnológica – Produto Tecnológico P4.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Note que o algoritmo desenvolvido busca reportar ao usuário, através dos gráficos, a evolução do nível de maturidade da tecnologia nos nove (09) níveis de maturidade. Percebe-se que, foi previsto no algoritmo a diferenciação por cores para identificar a evolução da tecnologia nos nove níveis TRL onde:

- ✓ Branco – a tecnologia não atendeu nenhum requisito avaliado naquele nível TRL;
- ✓ Vermelho – a tecnologia começou a se enquadrar naquele nível mais ainda possui muitos requisitos a serem verificados e/ou atendidos;
- ✓ Amarelo – a tecnologia atendeu acima de 50% dos requisitos, mas ainda está abaixo do nível de tolerância mínimo parametrizado para avanço do TRL, neste caso 90%<sup>9</sup>;
- ✓ Azul – a cor azul está ligada somente ao gráfico termômetro da esquerda (avaliação 1º TRL). A cor azul é preenchida quando a tecnologia atendeu a tolerância mínima parametrizada no aplicativo para avanço do TRL. Neste caso, admite-se que a tecnologia alcançou aquele TRL naquela avaliação. Caso a tecnologia não atenda a tolerância mínima para avanço, o gráfico é pintado com as cores branca, vermelha ou amarela, de acordo com o resultado da avaliação;
- ✓ Verde – trata-se da cor que está atrelada ao gráfico da direita com foco na avaliação dos requisitos da norma NBR ISO 16290:2015 (avaliação 2º TRL). Quando a tecnologia atende todos os requisitos da norma o gráfico termômetro correspondente é preenchido com a cor verde, enquanto isso não ocorre o gráfico pode ser pintado com as cores branca, vermelha ou amarela de acordo com o atendimento dos requisitos.

Após a legenda note que foi disponibilizado no relatório as perguntas dos requisitos/critérios que foram parcialmente ou que não foram atendidas. O quadro na cor azul que está relacionado com a avaliação 1º TRL e o quadro verde que está relacionado a avaliação 2º TRL. O intuito destes quadros é possibilitar ao usuário identificar quais foram os requisitos/critérios que devem ser trabalhados na tecnologia para a evolução da maturidade naquele determinado nível TRL. Foi identificado durante o levantamento do referencial teórico a extrema relevância do pesquisador/desenvolvedor ou do investidor receber o reporte em relatório dos requisitos que precisam ser trabalhados/evoluídos na tecnologia a fim de alcançar os objetivos propostos com o nível de maturidade condizente. De fato, como a avaliação do nível de maturidade é um processo que deve ser realizado ao longo de todo o processo de desenvolvimento, com um relatório completo, direto e de fácil leitura, as pessoas envolvidas estariam com relevante fundamentação para a tomada de decisão necessária.

---

<sup>9</sup> Nesta pesquisa o aplicativo foi parametrizado com 90% de tolerância mínima para avanço de nível TRL.

Analisando este primeiro relatório chegamos as seguintes conclusões:

- ✓ Na avaliação 1º TRL, conservadora e mais criteriosa, a tecnologia alcançou o nível de maturidade TRL 3 (recebendo a cor azul até este nível), contudo seu desenvolvimento propiciou atender parcialmente alguns requisitos/critérios dos TRLs 4, 5 e 6, por isso receberam a cor amarela;
- ✓ Através da análise dos gráficos centrais, identifica-se que a partir do TRL 2, a tecnologia decaiu alguns pontos percentuais no atendimento de alguns requisitos/critérios, onde o ponto de corte ocorreu no TRL 4, pois ficou abaixo dos 90% (conforme parametrizado) exigido para avanço do TRL;
- ✓ Pela avaliação 2º TRL, foco na NBR ISO 16290:2015, a tecnologia alcança o nível de maturidade TRL 6 (recebendo a cor verde), ou seja, os requisitos/critérios mínimos da norma são atendidos até este nível;
- ✓ Através dos quadros abaixo da legenda é possível identificar as perguntas que remetem aos requisitos/critérios que precisam ser trabalhados em cada um dos TRLs como resultado das avaliações 1º TRL e 2º TRL:
  - Avaliação 1º TRL: TRL 2 – uma pergunta; TRL 3, 4 e 5 - duas perguntas; TRL 6 – sete perguntas; TRL 7 – oito perguntas; TRL 8 – sete perguntas; TRL 9 – nove perguntas.
  - Avaliação 2º TRL: TRL 7 – seis perguntas; TRL 8 – sete perguntas; TRL 9 – quatro perguntas.

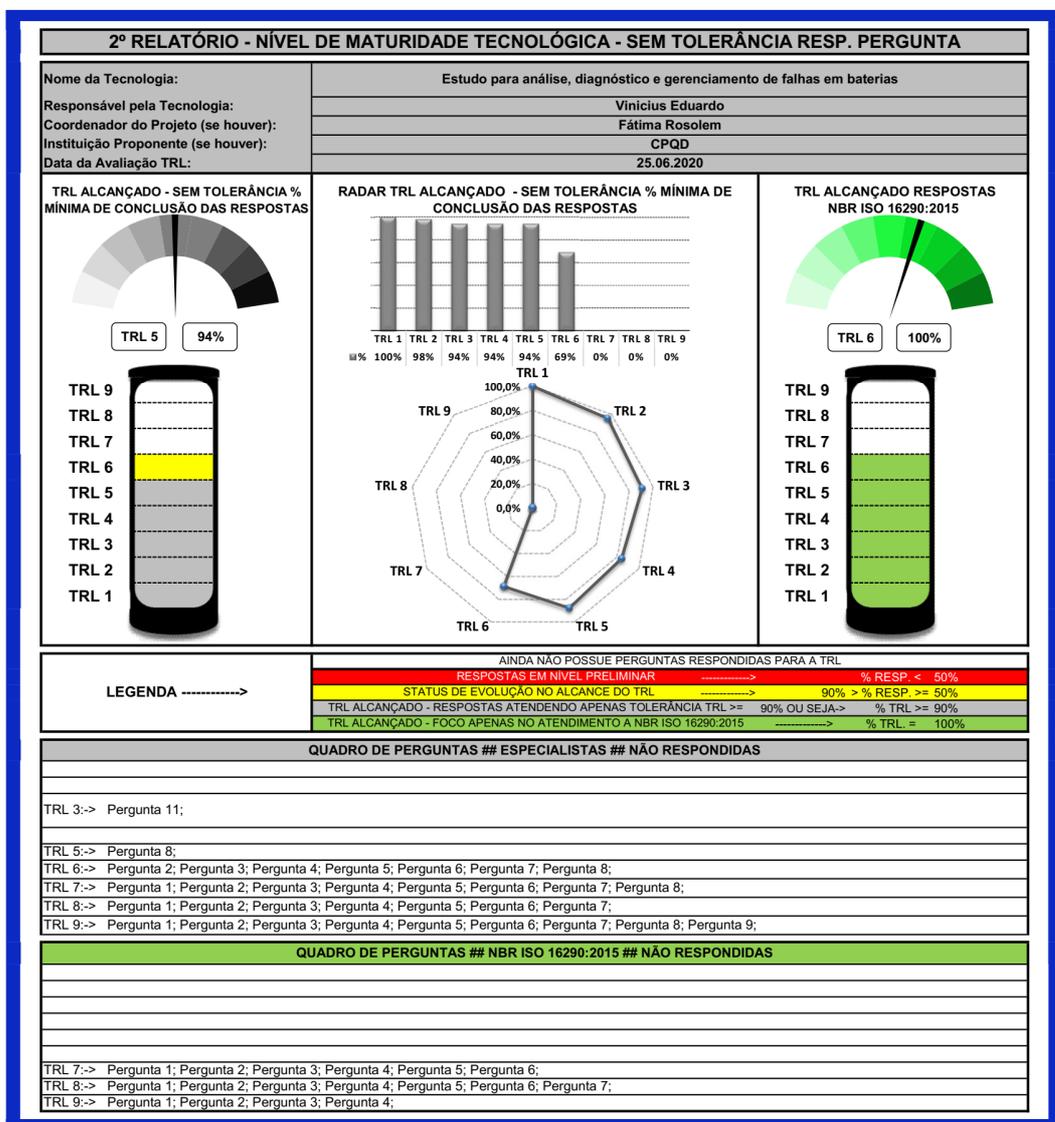
Na Figura 25 é apresentado o segundo relatório que é muito parecido com o primeiro, possui cabeçalho de identificação da tecnologia seguido pelas três colunas de gráficos, a legenda e os quadros que reportam os requisitos/critérios que precisam ser trabalhados para o avanço da maturidade tecnológica da tecnologia nas avaliações 2º TRL e 3º TRL. O mesmo apresenta no gráfico termômetro do 3º TRL a cor cinza que é preenchida quando é atendido a tolerância mínima parametrizada no aplicativo para avanço do TRL. Caso o produto tecnológico não atenda a tolerância mínima para avanço, o gráfico é pintado com as cores branca, vermelha ou amarela, de acordo com o resultado da avaliação.

O segundo relatório foi concebido para trazer o resultado do terceiro tipo de avaliação, 3º TRL, que conforme explicado na seção 4.2.1.3, vem para agregar valor no processo de análise, pois neste são considerados exatamente o grau das respostas informadas pelo usuário para cada uma das perguntas, diferente do algoritmo da avaliação 1º TRL. Ou seja, o algoritmo que

reporta o resultado desta avaliação, na análise da resposta inserida para cada um dos requisitos/critérios, não leva em consideração o percentual mínimo de corte para cumprimento do requisito (parametrizado em 80% para esta pesquisa<sup>10</sup>), leva em consideração o valor exato da resposta do usuário, que ao final é considerado no cálculo do nível TRL correspondente (detalhes consultar seção 4.2.1.3).

Convém destacar que os gráficos da avaliação 2º TRL (NBR ISO 16290:2015) foram propositalmente repetidos no segundo relatório para possibilitar a comparação direta com os gráficos da avaliação 3º TRL sem ter que consultar o primeiro relatório.

Figura 25 Relatório 2 - Avaliação do Nível de Maturidade Tecnológica – Produto Tecnológico P4.



Fonte: Elaborado pelo autor.

<sup>10</sup> Nesta pesquisa o aplicativo foi parametrizado com 80% de tolerância mínima para se admitir uma pergunta como atendida.

Analisando este segundo relatório chegamos as seguintes conclusões:

✓ Na avaliação 3º TRL, avaliação também criteriosa, mas menos conservadora do que a avaliação 1º TRL, a tecnologia alcançou o nível de maturidade TRL 5 (recebendo a cor cinza) e atendeu alguns requisitos/critérios do TRL 6 (recebendo a cor amarela);

✓ Através da análise dos gráficos centrais, identifica-se que, da mesma forma que na avaliação anterior, desde o TRL 2 a tecnologia decaiu pontos percentuais no atendimento de alguns requisitos/critérios, no entanto somente no TRL 6 é que o percentual de atendimento ficou abaixo dos 90% (conforme parametrizado) exigido para avanço do TRL;

✓ Através dos quadros abaixo da legenda é possível identificar as perguntas que remetem aos requisitos/critérios que precisam ser trabalhados em cada um dos TRLs como resultado da avaliação 3º TRL:

- Avaliação 3º TRL: TRL 3 - uma pergunta; TRL 5 – uma pergunta; TRL 6 – sete perguntas; TRL 7 – oito perguntas; TRL 8 – sete perguntas; TRL 9 – nove perguntas.

Note que na avaliação 3º TRL a tecnologia avança de nível de maturidade alcançando o TRL 5, diferentemente da avaliação 1º TRL. Isso ocorreu devido esta última avaliação considerar o grau da resposta fornecida pelo usuário. No algoritmo da avaliação 1º TRL a resposta é cortada caso esteja abaixo da tolerância mínima para atendimento da pergunta<sup>10</sup>. Ou seja, o algoritmo da avaliação 3º TRL considera exatamente as respostas do usuário e ao final ocorre o cálculo de cada um dos TRLs. Na prática ocorre uma compensação entre os graus das respostas respondidas pelo usuário. Neste exemplo nota-se a importância da proposição desta variação no algoritmo originalmente proposto pela AFRL/NASA em Nolte; Kennedy; Dziegiel (2003), reportando uma opção de análise que adensa o processo para tomada de decisão.

## B.2) Avaliação da maturidade dos onze (11) produtos tecnológicos pela sensibilidade técnica dos pesquisadores/desenvolvedores

Após a conclusão do nivelamento teórico dos métodos DRL e TRL com os pesquisadores/desenvolvedores e do processo de utilização do aplicativo para a aferição do nível de maturidade, a partir da aplicação do Quadro 21, Quadro 22, Quadro 23, Quadro 24 e Quadro 25, iniciou-se a atividade de avaliação do nível de maturidade de cada produto

tecnológico através da percepção e conhecimento técnico dos profissionais somado com o conhecimento da teoria apresentada. No Quadro 28 abaixo é apresentada a visão dos respectivos pesquisadores/desenvolvedores quanto ao nível de maturidade de cada um dos produtos tecnológicos.

**Quadro 28 Avaliação do Pesquisador/ Desenvolvedor - Nível TRL - Produtos Tecnológicos.**

<b>Produto Tecnológico</b>	<b>TRL Pesquisador</b>
<b>PT 1</b>	5
<b>PT 2</b>	5
<b>PT 3</b>	7
<b>PT 4</b>	5
<b>PT 5</b>	5
<b>PT 6</b>	5
<b>PT 7</b>	5
<b>PT 8</b>	5
<b>PT 9</b>	9
<b>PT 10</b>	7
<b>PT 11</b>	5

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dos resultados foi realizada reflexão técnica com cada um dos pesquisadores/desenvolvedores no sentido de verificar a aderência do resultado apresentado pelo aplicativo e a expectativa por parte de cada profissional.

Todos foram unânimes em afirmar que o aplicativo desenvolvido superou todas as expectativas e que os resultados apresentados pela ferramenta estavam coerentes com a realidade técnica e operacional das tecnologias desenvolvidas. Os profissionais reportaram também que de fato o aplicativo agregará muito valor ao processo de gestão da inovação, seja no estágio de seleção como no de desenvolvimento dos produtos tecnológicos, uma vez que através de critérios racionais será diminuída a subjetividade do processo avaliativo, reportando inclusive com precisão gargalos a serem trabalhados para o avanço do nível de maturidade das tecnologias durante o processo de desenvolvimento.

A partir desta definição foi realizado a comparação do nível de maturidade aferido pelos três métodos com o objetivo de analisar a aderência do resultado aferido pelo aplicativo. Abaixo no Quadro 29 é apresentado resumo com o resultado das avaliações para fim de comparação via procedimento de triangulação.

Quadro 29 Nível TRL - Produtos Tecnológicos – das Três Fontes de Dados.

Produto Tecnológico	TRL Preliminar	Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico V.01			TRL Pesquisador
		1º TRL	2º TRL	3º TRL	
PT 1	5	5	5	5	5
PT 2	5	5	6	5	5
PT 3	7	7	9	7	7
PT 4	5	3	6	5	5
PT 5	7	5	7	5	5
PT 6	6	5	6	5	5
PT 7	6	5	6	5	5
PT 8	4	4	5	5	5
PT 9	9	9	9	9	9
PT 10	7	7	9	7	7
PT 11	6	5	6	5	5

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando os resultados observa-se que os valores apresentados pelo aplicativo têm aderência com a expectativa vislumbrada pela avaliação preliminar extraída da documentação e evidências do desenvolvimento de cada produto e também forte aderência com a expectativa de cada pesquisador/desenvolvedor. Percebe-se que em vários momentos as expectativas da avaliação preliminar e da avaliação dos pesquisadores/desenvolvedores tiveram correspondência e/ou aderência com um dos resultados reportados por uma das três avaliações realizadas pelo aplicativo (1º TRL, 2º TRL, ou 3º TRL). Ou seja, o que foi reportado pelo aplicativo tem coerência com a realidade produzida para os onze (11) produtos tecnológicos.

Com estes resultados conclui-se que de fato a maioria das onze (11) tecnologias estão no estágio onde ocorre a maior probabilidade de descontinuidade do investimento, o “vale da morte”. Isso valida a conclusão aferida na análise preliminar na seção 4.3.1. Dos produtos tecnológicos estudados nesta pesquisa, apenas o PT 3, 9 e 10 estaria com nível TRL acima de 7, ou seja, conseguiram vencer os desafios técnicos, administrativos e econômicos/financeiros e alcançaram níveis de excelência que possibilita trilharem uma futura exploração no mercado.

#### 4.3.3 Análise do nível TRL e DRL das demandas/ideias e respectivas propostas de projetos P&D+I através da percepção técnica dos responsáveis e utilizando o Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico V.01

Da mesma forma que o processo de avaliação da maturidade dos onze (11) produtos tecnológicos, o ambiente profissional, amistoso e cordial reinou durante todo o processo de uso do aplicativo para avaliação do nível de maturidade das duas (02) demandas/ideias e das respectivas propostas de projetos P&D+I. Os participantes foram estimulados durante o processo a esclarecerem dúvidas e opinarem sobre tudo o que estava sendo apresentado e

discutido. A atividade foi realizada com a participação das áreas técnicas da Chesf demandantes das soluções através dos respectivos autores e das respectivas instituições de pesquisa que propuseram os projetos de P&D+I. Ao todo participaram quinze (15) profissionais (04 internos e 11 externos). Os encontros virtuais ocorreram entre 10 e 17.07.2020.

Da mesma forma que o processo anterior de avaliação, foi realizado nivelamento sobre o referencial teórico estudado e produzido atinente aos métodos DRL e TRL o que possibilitou a troca do conhecimento estudado e produzido durante o desenvolvimento da pesquisa e a percepção da expectativa inicial do nível de maturidade dos respectivos objetos da pesquisa pelos profissionais.

Após o nivelamento inicial partiu-se para a utilização do aplicativo para avaliar o nível de maturidade das duas demandas/ideias e das respectivas propostas de projetos de P&D+I selecionadas e após esta atividade foi aferido a expectativa dos profissionais quanto ao respectivo nível de maturidade. Para execução das atividades de avaliação, foram seguidos os mesmos procedimentos e a mesma dinâmica da avaliação anterior dos produtos tecnológicos.

#### C.1) Avaliação do nível de maturidade das duas demandas/ideias pelo aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01

O processo de avaliação das duas demandas/ideias contou com a participação das respectivas áreas técnicas através dos autores. Foram dois encontros com quatro (04) profissionais da Chesf. Primeiramente convém destacar que para avaliação do nível de maturidade da demanda (DRL), o aplicativo foi desenvolvido para informar dois (2) níveis de DRL o qual intitulamos: i) 1º DRL<sup>11</sup> - apresenta resultado “mais conservador”, pois utiliza algoritmo que leva em consideração os dois percentuais de tolerância mínimos para definição do DRL: o percentual mínimo que é considerado para a pergunta ser admitida como atendida; e o percentual mínimo para o avanço de DRL; ii) 2º DRL<sup>12</sup> – o algoritmo apresenta o nível DRL analisando todas as respostas informadas pelo usuário sem a trava de tolerância mínima de atendimento da pergunta, considera apenas como requisito o nível mínimo de tolerância para o avanço do DRL. Os detalhes da diferenciação dos dois tipos de resultado DRL foram apresentados na seção 4.2.1.3.

---

<sup>11</sup> 1º DRL - foi adaptado no aplicativo o mesmo procedimento original da calculadora desenvolvida AFRL/NASA.

<sup>12</sup> 2º DRL - procedimento proposto neste trabalho de pesquisa.

Após as respostas a cada uma das perguntas para os respectivos níveis DRL para cada uma das demandas/ideias, o aplicativo gerou o resultado conforme Quadro 30 a seguir.

**Quadro 30 Avaliação Nível DRL das Demandas/Ideias de Inovação Gerados pelo Aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01.**

Chamada Pública	Título da Demanda	1º DRL	2º DRL
P&D+I 02/2017	Aerogeradores e as melhorias no processo de conversão de energia com integração a outras fontes.	9	9
P&D+I 02/2019	Minigeração fotovoltaica com armazenamento de energia por baterias como fonte autônoma de suprimento dos serviços auxiliares de subestações.	3	9

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode-se observar pelo Quadro 30 que houve variação entre os resultados para a demanda/ideia da chamada pública P&D+I 02/2019. Esta diferença será discutida logo a seguir quando for apresentado o relatório completo emitido pelo aplicativo. Os relatórios da avaliação para a demanda/ideia da chamada pública P&D+I 02/2017 segue o mesmo padrão gráfico, o que muda são os respectivos resultados de nível de maturidade que é intrínseco ao nível de maturidade das informações disponíveis da respectiva demanda/ideia mensurada pelo usuário no aplicativo.

- Demanda/Ideia chamada pública P&D+I 02/2019

Nome da demanda/ideia: Minigeração fotovoltaica com armazenamento de energia por baterias como fonte autônoma de suprimento dos serviços auxiliares de subestações.

Departamento/Superintendência: DEGS / SEG

Nível de Maturidade de Demanda (DRL) alcançado:

- ✓ 1º Resultado DRL (1º DRL) - Todos os Critérios Análise Tipo 1: Nível de Maturidade – **DRL 03**
- ✓ 2º Resultado DRL (2º DRL) - Todos os Critérios Análise Tipo 2: Nível de Maturidade – **DRL 09**

Da mesma forma que a avaliação dos produtos tecnológicos, no relatório a seguir emitido pelo aplicativo (Figura 26) possui cabeçalho informando o nome da demanda/ideia, do profissional autor da demanda, nome do departamento e da superintendência de origem da demanda/ideia e a data da avaliação da DRL. Trata-se de um cabeçalho padrão para as avaliações de DRL. Após o cabeçalho é apresentado quatro colunas de gráficos onde: o da esquerda reporta o resultado do 1º DRL calculado utilizando as duas tolerâncias mínimas de

corde (de atendimento da pergunta<sup>13</sup> e de avanço de nível DRL<sup>14</sup>), um gráfico do tipo termômetro e outro no formato velocímetro; os seguintes reportam o detalhamento gráfico do resultado do 1º DRL; a direita deste temos o resultado do 2º DRL calculado sem o limite mínimo de tolerância para atendimento da pergunta e pôr fim ao lado deste os gráficos detalhando o resultado do 2º DRL.

Mantendo o mesmo nível de qualidade da interface e do conteúdo, o algoritmo desenvolvido reporta ao usuário a evolução do nível de maturidade da demanda/ideia nos nove (09) níveis de maturidade através da diferenciação por cores no gráfico termômetro e na evolução representada pelos gráficos de barras e de teia. De forma similar ao relatório para TRL, para identificar a evolução da demanda/ideia nos nove níveis DRL no gráfico termômetro temos:

✓ Branco – a demanda/ideia não atendeu nenhum requisito avaliado naquele nível DRL;

✓ Vermelho – a demanda/ideia começou a se enquadrar naquele nível DRL mais ainda possui muitos requisitos a serem verificados e/ou atendidos;

✓ Amarelo – a demanda/ideia atendeu acima de 50% dos requisitos, mas ainda está abaixo do nível de tolerância mínimo parametrizado para avanço do DRL, neste caso 90%<sup>14</sup>;

✓ Marrom – a cor marrom está ligada somente ao gráfico termômetro da esquerda (avaliação 1º DRL). A cor marrom é preenchida quando a demanda/ideia atende a tolerância mínima parametrizada no aplicativo para avanço do DRL. Neste caso, admite-se que a demanda/ideia alcançou aquele DRL naquela avaliação. Caso a demanda/ideia não atenda a tolerância mínima para avanço, o gráfico é pintado com as cores branca, vermelha ou amarela, de acordo com o resultado da avaliação;

✓ Cinza – a cor cinza está ligada somente ao gráfico termômetro da avaliação 2º DRL. A cor cinza é preenchida quando a demanda/ideia atende a tolerância mínima parametrizada no aplicativo para avanço do DRL. Caso a demanda/ideia não atenda a tolerância mínima para avanço, o gráfico é pintado

---

<sup>13</sup> Nesta pesquisa o aplicativo foi parametrizado com 80% de tolerância mínima para se admitir uma pergunta como atendida.

<sup>14</sup> Nesta pesquisa o aplicativo foi parametrizado com 90% de tolerância mínima para avanço de nível DRL.



✓ Através da análise dos gráficos centrais, identifica-se que no DRL 4 ocorreu a falta do atendimento de um requisito/critério acima da tolerância mínima de atendimento da pergunta, fechando o nível DRL 4 com 75% de atendimento. Isso limitou o nível de maturidade aferido nesta avaliação em DRL 3, pois o DRL 4 ficou abaixo dos 90% (conforme parametrizado) exigido para avanço do TRL;

✓ Note que na avaliação 2º DRL a demanda/ideia avança até o último nível de maturidade (DRL 9) diferentemente da avaliação 1º DRL. Isso ocorreu devido esta última avaliação considerar o grau da resposta fornecida pelo usuário. No algoritmo da avaliação 1º DRL a resposta é cortada caso esteja abaixo da tolerância mínima para atendimento da pergunta<sup>13</sup>. Ou seja, o algoritmo da avaliação 2º DRL considera exatamente as respostas do usuário e ao final ocorre o cálculo de cada um dos TRLs. Na prática ocorre uma compensação entre os graus das respostas das perguntas informadas pelo usuário.

✓ Através dos quadros abaixo da legenda é possível identificar as perguntas que remetem aos requisitos/critérios que precisam ser trabalhados em cada um dos DRLs como resultado das avaliações 1º DRL e 2º DRL:

- Avaliação 1º DRL: DRL 4 – uma pergunta
- Avaliação 2º DRL: nenhuma pergunta a atender.

De fato, para esta demanda/ideia o autor respondeu à pergunta número dois (02) do nível DRL 4 com valor abaixo da tolerância mínima aceitável para admitir o requisito/critério como atendido. Por este motivo o algoritmo da avaliação 1º DRL restringiu o resultado ao nível DRL 3. Conforme o autor respondente, é necessário evoluir no tratamento do requisito para que se possa admitir o avanço da maturidade ao nível máximo. Com a riqueza de detalhes apresentada no relatório fundamenta-se os gestores com informações relevantes e com comparabilidade o que facilita e endossa o processo de tomada de decisão.

De forma geral, os resultados apontaram que as demandas/ideias de ambas as chamadas públicas de P&D+I possuem a disponibilidade adequada das informações, sejam elas de cunho técnico, administrativo ou econômico/financeiro, objetivo principal de se aferir o nível de maturidade conforme Paun (2012, 2011). A disponibilidade destas informações irá subsidiar o desenvolvimento do projeto de P&D+I selecionado, diminuindo possíveis percalços e desafios no desenvolvimento da solução demandada. No entanto, para chegar à esta conclusão, é

necessária a avaliação do nível de maturidade das propostas de projetos de P&D+I selecionadas para as respectivas demandas/ideias e a partir desta última avaliação comparar os resultados e verificar se existe o “*fit*” ou a “hibridização” entre eles avaliando o nível de risco de sucesso para um futuro processo de transferência de tecnologia.

#### C.2) Avaliação da maturidade das duas demandas/ideias pela sensibilidade técnica dos autores

Da mesma forma que ocorreu com os pesquisadores/desenvolvedores dos onze (11) produtos tecnológicos, após a conclusão do nivelamento teórico dos métodos DRL e TRL e do processo de utilização do aplicativo, iniciou-se a atividade para definição do nível de maturidade das demandas/ideias através da percepção e conhecimento técnico dos autores aplicando a teoria apresentada. A partir desta definição foi realizado a comparação do nível de maturidade aferido pelos três métodos com o objetivo de analisar a aderência do resultado aferido pelo aplicativo. No Quadro 31 abaixo é apresentado a expectativa dos autores quanto ao nível de maturidade das respectivas demandas/ideias.

**Quadro 31 Avaliação do Autor - Nível DRL – Demandas/Ideias.**

<b>Chamada Pública</b>	<b>Título da Demanda/Ideia</b>	<b>DRL Autor</b>
<b>P&amp;D+I 02/2017</b>	Aerogeradores e as melhorias no processo de conversão de energia com integração a outras fontes.	9
<b>P&amp;D+I 02/2019</b>	Minigeração fotovoltaica com armazenamento de energia por baterias como fonte autônoma de suprimento dos serviços auxiliares de subestações.	9

Fonte: Elaborado pelo autor.

De posse dos resultados das avaliações, foi realizada reflexão técnica com cada um dos autores no sentido de verificar a aderência do resultado apresentado pelo aplicativo e a expectativa por parte de cada profissional. Todos foram unânimes em afirmar que o aplicativo desenvolvido superou todas as expectativas e que os resultados apresentados pela ferramenta estavam coerentes com a realidade das respectivas demandas/ideias. Reportaram ainda que a ferramenta e a objetividade dos critérios dinamizam muito o processo de avaliação, pois diminui a subjetividade. Também oportuniza as área técnicas demandantes informações dos gargalos que precisam ser trabalhados alertando para complementação de informações para a devida caracterização do problema para suporte a futura solução, agregando conteúdo a futura chamada pública de seleção de propostas de projetos de P&D+I.

Da mesma forma que ocorreu com os resultados apresentados na avaliação dos onze (11) produtos tecnológicos, observa-se no Quadro 32 que os valores apresentados pelo aplicativo têm aderência com a expectativa vislumbrada pela avaliação preliminar extraída da documentação e evidências para as demandas/ideias e também forte aderência com a expectativa de cada autor.

**Quadro 32 Nível DRL – Demandas/Ideias – das Três Fontes de Dados.**

Chamada Pública	Título da Demanda/Ideia	DRL Preliminar	Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico V.01		DRL Pesquisador
			1º DRL	2º DRL	
<b>P&amp;D+I 02/2017</b>	Aerogeradores e as melhorias no processo de conversão de energia com integração a outras fontes.	7	9	9	9
<b>P&amp;D+I 02/2019</b>	Minigeração fotovoltaica com armazenamento de energia por baterias como fonte autônoma de suprimento dos serviços auxiliares de subestações.	7	3	9	9

Fonte: Elaborado pelo autor.

Se atendo ao resultado da DRL Preliminar, o mesmo sugere para ambas as demandas o nível de maturidade DRL 7 diferente do que foi aferido no aplicativo e pela expectativa dos autores. Ou seja, o nível identificado na análise preliminar reportou que os documentos e evidências indicavam o enquadramento no nível sete (07) onde se tem a definição das competências e recursos necessários e suficientes para o desenvolvimento da solução. De fato, pelas documentações disponibilizadas não foi identificado que a Chesf possuía informações com aderência a DRL 8 e 9, contudo conforme relatado pelos autores, algumas informações não tinham sido disponibilizadas naquele momento e estas fundamentam o alcance dos níveis DRL 8 e DRL 9. Foi relatado pelos autores que a Chesf já tinha inclusive ações internas de desenvolvimento na busca de acelerar os estudos necessários para subsidiar o desenvolvimento futuro dos projeto de P&D+I.

Com relação ao DRL 3 aferido pelo aplicativo para a demanda/ideia da chamada pública 02/2019 no tipo de avaliação 1º TRL, conforme já explicado na seção anterior, o impacto foi causado por um requisito/critério que precisa ser evoluído/tratado para que se consolide a demanda/ideia como de nível DRL 9, convergindo com o resultado da avaliação 2º DRL.

Dentro deste contexto, os resultados apresentados pelo aplicativo estão dentro da expectativa da avaliação preliminar e da avaliação dos autores, reportando a aderência e coerência com a realidade de cada demanda/ideia.

D.1) Avaliação do nível de maturidade TRL das duas propostas de projetos de P&D+I selecionadas pelo aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01

O processo de avaliação das propostas de projetos de P&D+I selecionadas foi realizado em dois encontros virtuais e contou com a participação das respectivas instituições de pesquisa proponentes com o quantitativo de profissionais entre parênteses: Chamada Pública P&D+I 02/2017 - CIMATEC (3), Senai PE (1) e SENAI RN (1) e; Chamada Pública P&D+I 02/2019 - UPE (3), ITEM (2) e PTI (1). Primeiramente convém destacar que o processo de avaliação foi realizado através do módulo de avaliação de maturidade TRL do aplicativo desenvolvido (DRL x TRL SETOR ELÉTRICO V.01) e através da percepção técnica dos pesquisadores/desenvolvedores. Ou seja, o processo para avaliação seguiu o mesmo método que foi usado na avaliação dos onze (11) produtos tecnológicos.

De forma guiada e com interação via compartilhamento de tela dos computadores, os pesquisadores/desenvolvedores de cada uma das propostas selecionadas de projeto de P&D+I responderam às perguntas avaliando os requisitos/critérios propostos para cada um dos níveis TRL. Após esta primeira etapa, foi realizada a atividade de aferição do nível de maturidade através da percepção e conhecimento técnico dos pesquisadores/desenvolvedores.

Após as respostas a cada uma das perguntas, o aplicativo gerou os resultados conforme Quadro 33 a seguir.

**Quadro 33 Avaliação Nível TRL das Propostas de Projetos de P&D+I Gerados pelo Aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01.**

Chamada Pública	Título do Projeto de P&D+I	1º TRL	2º TRL	3º TRL
P&D+I 02/2017	Sistema inteligente com aerogerador integrado às fontes de energia solar, storage e hidráulica como plataforma de desenvolvimento visando melhorias contínuas no processo de geração de energia elétrica.	3	3	3
P&D+I 02/2019	Arranjo técnico para aumento da confiabilidade e segurança elétrica aplicando armazenamento de energia por baterias e sistemas fotovoltaicos ao serviço auxiliar de subestações 230/500 KV.	3	4	3

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode-se observar pelo Quadro 33 que houve variação entre os resultados para a proposta de projeto da chamada pública P&D+I 02/2019. Iremos adotar esta proposta de projeto para realizar análise e a discussão dos resultados casando a análise com sua respectiva demanda/ideia que foi analisada e discutida na seção anterior. Com esta ação, busca-se ao final realizar a análise de risco do processo de transferência de tecnologia com o confronto dos dois níveis de maturidade. Os relatórios da avaliação para proposta de projeto de P&D+I da chamada pública P&D+I 02/2017 segue o mesmo padrão gráfico, contudo com valores do nível de maturidade reportados pelo aplicativo aderente a realidade da proposta tecnológica aferida através das informações preenchidas pelo usuário no aplicativo.

- Proposta de Projeto de P&D+I da chamada pública P&D+I 02/2019

Nome da proposta de Projeto de P&D+I: Arranjo técnico para aumento da confiabilidade e segurança elétrica aplicando armazenamento de energia por baterias e sistemas fotovoltaicos ao serviço auxiliar de subestações 230/500 KV.

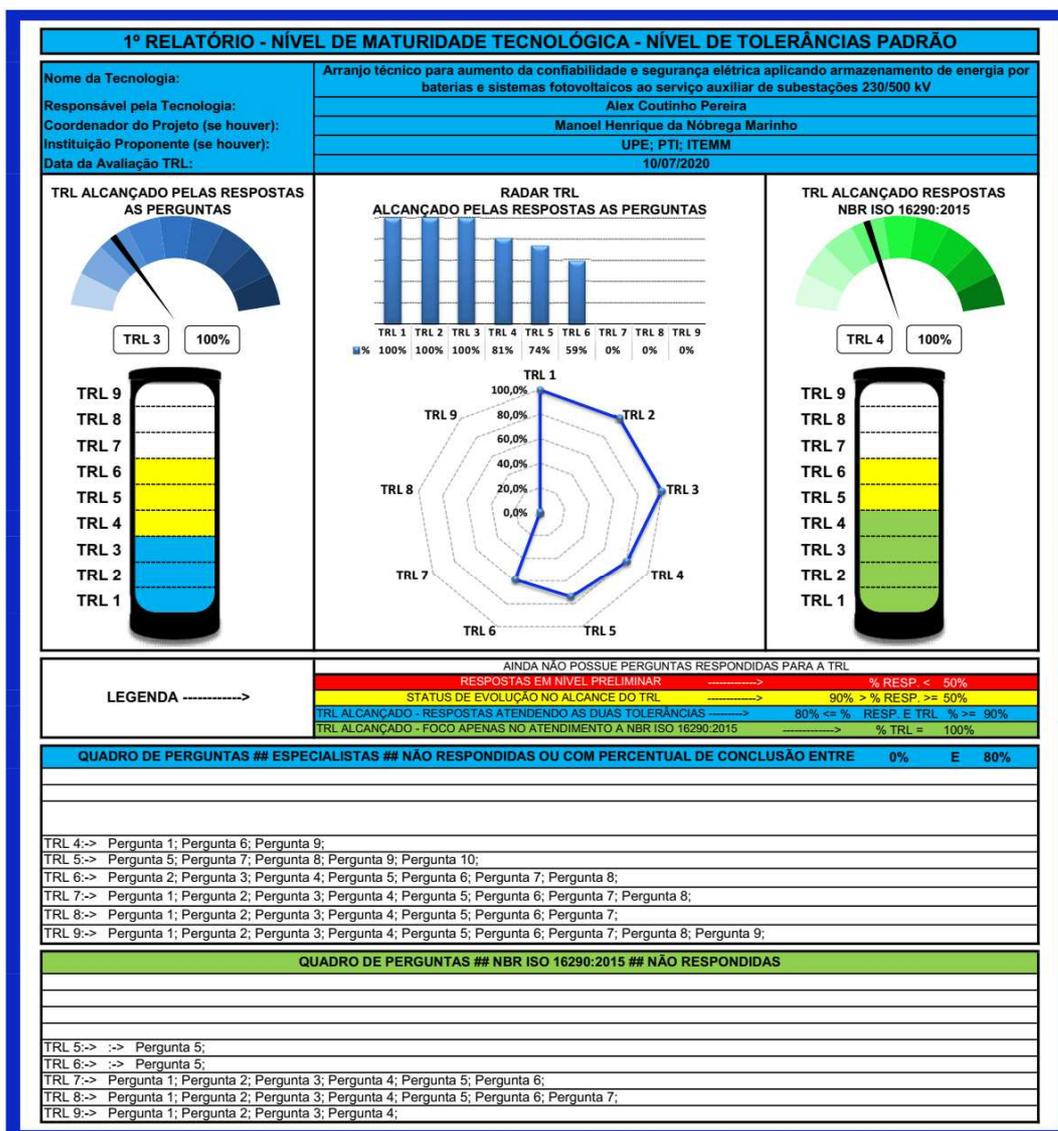
Instituições Executoras: Universidade de Pernambuco (UPE), Instituto de Tecnologia Edson Mororó Moura (ITEMM) e Parque Tecnológico de Itaipu (PTI).

Nível de Maturidade Tecnológica (TRL) alcançado:

- ✓ 1º Resultado TRL (1º TRL) - Todos os Critérios Análise Tipo 1: Nível de Maturidade – **TRL 03**
- ✓ 2º Resultado TRL (2º TRL) - Critérios NBR ISO 16290:2015: Nível de Maturidade – **TRL 04**
- ✓ 3º Resultado TRL (3º TRL) - Todos os Critérios Análise Tipo 2: Nível de Maturidade – **TRL 03**

A seguir é apresentado os dois relatórios emitidos pelo aplicativo para a proposta de projeto analisada. O primeiro relatório (Figura 27) traz a análise do nível de maturidade com as duas avaliações 1º TRL e 2º TRL e o segundo relatório, Figura 28, traz as avaliações 3º TRL e 2º TRL, esta última duplicada para possibilitar a comparação na mesma folha com a avaliação 3º TRL. Podemos observar que o conteúdo gráfico e formato dos relatórios é o mesmo do que foi apresentado na avaliação dos produtos tecnológicos, trata-se do mesmo módulo de avaliação do aplicativo (mesmo algoritmo) que foi pensado e programado para cobrir as duas finalidades: avaliar produtos tecnológicos e avaliar propostas de projetos de P&D+I.

Figura 27 Relatório 1 - Avaliação do Nível de Maturidade Proposta de Projeto de P&D+I – Chamada Pública P&D+I 02/2019.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando o primeiro relatório (Figura 27) chegamos as seguintes conclusões:

✓ Na avaliação 1º TRL, conservadora e mais criteriosa, a proposta de projeto de P&D+I alcançou o nível de maturidade TRL 3 (recebendo a cor azul até este nível), contudo as informações da proposta propiciaram atender parcialmente alguns requisitos/critérios dos TRLs 4, 5 e 6, por isso o gráfico recebeu a cor amarela nestes níveis;

✓ Através da análise dos gráficos centrais, identifica-se que a partir do TRL 4, a proposta de projeto de P&D+I decaiu alguns pontos percentuais no atendimento de alguns requisitos/critérios, onde o ponto de corte ocorreu no TRL 4, pois ficou abaixo dos 90% (conforme parametrizado) exigido para avanço do TRL;

✓ Pela avaliação 2º TRL, foco na NBR ISO 16290:2015, a proposta de projeto de P&D+I alcança o nível de maturidade TRL 4 (recebendo a cor verde), ou seja, os requisitos/critérios mínimos da norma são atendidos até este nível;

✓ Através dos quadros abaixo da legenda é possível identificar as perguntas que remetem aos requisitos/critérios que precisam ser trabalhados em cada um dos TRLs como resultado das avaliações 1º TRL e 2º TRL:

- Avaliação 1º TRL: TRL 4 – três perguntas; TRL 5 – cinco perguntas; TRL 6 – sete perguntas; TRL 7 – oito perguntas; TRL 8 – sete perguntas; TRL 9 – nove perguntas.
- Avaliação 2º TRL: TRL 5 – uma pergunta; TRL 6 – uma pergunta; TRL 7 – seis perguntas; TRL 8 – sete perguntas; TRL 9 – quatro perguntas.

Analisando o segundo relatório, a seguir, chegamos as seguintes conclusões:

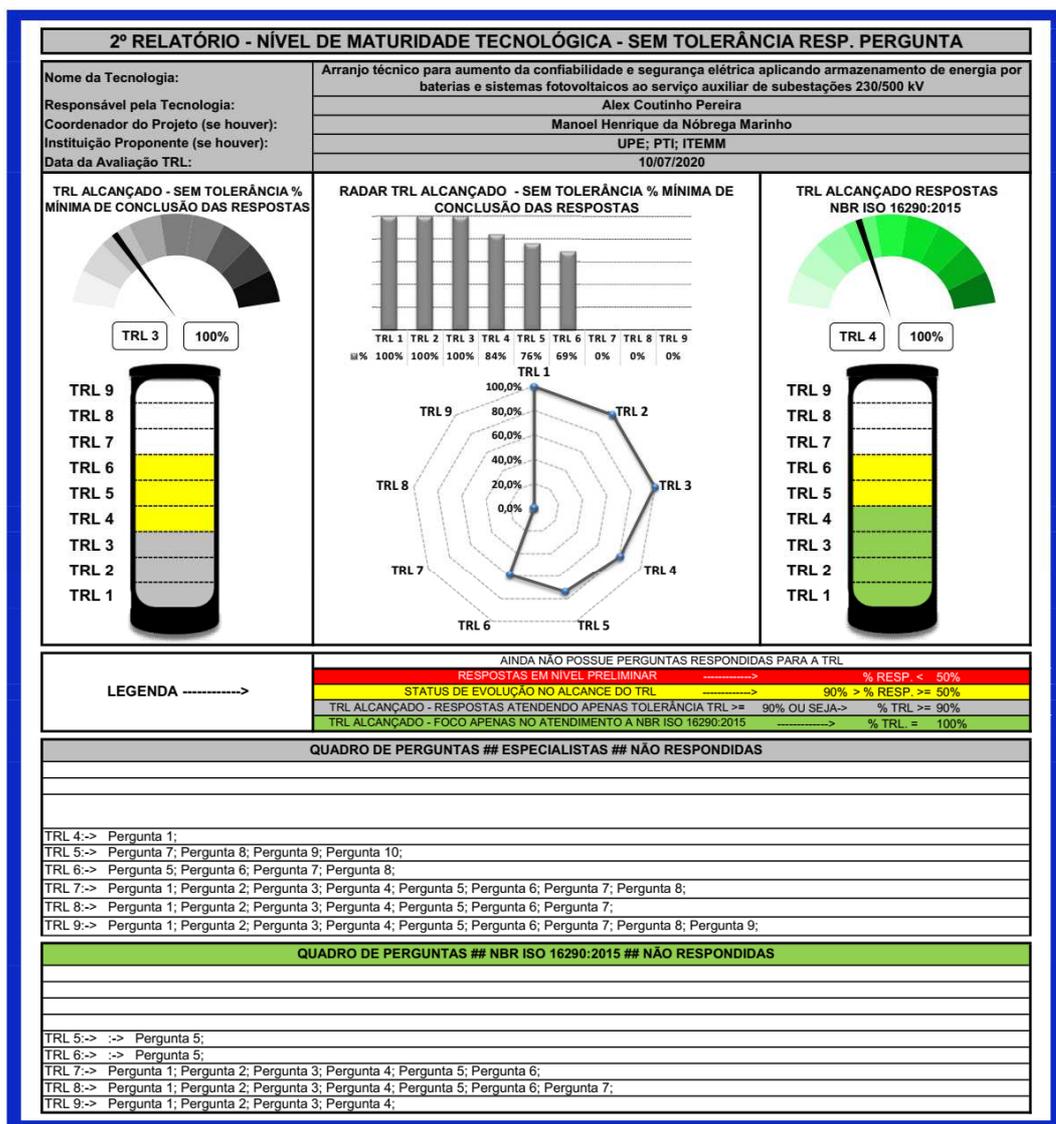
✓ Na avaliação 3º TRL, a proposta de projeto de P&D+I alcançou o mesmo nível de maturidade da avaliação 1º TRL, TRL 3 (recebendo a cor cinza), e também atendeu parcialmente alguns requisitos/critérios do TRL 4, 5 e 6 (recebendo a cor amarela);

✓ Através da análise dos gráficos centrais, identifica-se que o comportamento foi o mesmo da avaliação 1º TRL, apenas com variação do percentual de atendimento dos requisitos/critérios no tocante aos TRLs 4, 5 e 6 (84%, 76% e 69%);

✓ Através dos quadros abaixo da legenda é possível identificar as perguntas que remetem aos requisitos/critérios que precisam ser trabalhados em cada um dos TRLs como resultado da avaliação 3º TRL:

- Avaliação 3º TRL: TRL 4 – uma pergunta; TRL 5 e 6 – quatro perguntas; TRL 7 – oito perguntas; TRL 8 – sete perguntas; TRL 9 – nove perguntas.

Figura 28 Relatório 2 - Avaliação do Nível de Maturidade Proposta de Projeto de P&D+I – Chamada Pública P&D+I 02/2019.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Convém destacar que, quando comparada com a avaliação 1º TRL, na avaliação 3º TRL a proposta de projeto de P&D+I não avança de nível de maturidade permanecendo no TRL 3, mesmo que esta última avaliação não considere a tolerância mínima para atendimento individual de requisito/critério. De fato, este resultado reforça que é necessário evoluir nas tratativas das perguntas, requisitos/critérios, apontados nas três avaliações para que ocorra a evolução do nível de maturidade da proposta de projeto de P&D+I.

A partir dos resultados apresentados em B.1 e B.2 é possível realizar o último passo do processo de avaliação do nível de maturidade da demanda/ideia e da respectiva proposta de projeto de P&D+I – a avaliação do grau de risco do sucesso de um futuro processo de

transferência de tecnologia. Ou seja, a partir dos resultados o aplicativo irá analisar o grau do “*fit*” ou “hibridização” entre os níveis de maturidade da demanda/ideia (DRL) e os níveis de maturidade tecnológica (TRL) da proposta de projeto P&DI, reportando em seis matrizes o grau de risco do sucesso de um futuro processo de transferência de tecnologia, método proposto por Paun (2012, 2011). O resultado deste último passo será apresentado no item (F) após o processo de validação dos resultados do aplicativo constante no item E.

D.2) Avaliação do nível de maturidade TRL das duas propostas de projetos de P&D+I selecionadas pela sensibilidade técnica dos pesquisadores/desenvolvedores

O procedimento utilizado para realizar esta atividade foi o mesmo adotado na avaliação dos onze (11) produtos tecnológicos. Após a conclusão do nivelamento teórico dos métodos DRL e TRL e a utilização do aplicativo, os respectivos pesquisadores/desenvolvedores foram conduzidos a definirem através da percepção e conhecimento técnico o nível de maturidade das respectivas propostas de projetos de P&D+I formuladas por eles.

A partir desta definição será realizado a comparação do nível de maturidade aferido pelos três métodos com o objetivo de analisar a aderência do resultado aferido pelo aplicativo. No Quadro 34 a seguir é apresentado a expectativa dos pesquisadores/desenvolvedores quanto ao nível de maturidade das respectivas propostas de projetos de P&D+I. A partir dos resultados foi realizada reflexão técnica com os respectivos pesquisadores/desenvolvedores no sentido de verificar a aderência do resultado apresentado pelo aplicativo e a expectativa dos profissionais. Todos foram unânimes em afirmar que o aplicativo desenvolvido superou as expectativas e que os resultados apresentados pela ferramenta estavam coerentes com a realidade técnica e operacional das propostas de projetos de P&D+I.

**Quadro 34 Avaliação do Pesquisador/ Desenvolvedor - Nível TRL - Propostas de Projetos de P&D+I.**

<b>Chamada Pública</b>	<b>Título do Projeto de P&amp;D+I</b>	<b>TRL Pesquisador</b>
<b>P&amp;D+I 02/2017</b>	Sistema inteligente com aerogerador integrado às fontes de energia solar, storage e hidráulica como plataforma de desenvolvimento visando melhorias contínuas no processo de geração de energia elétrica.	3
<b>P&amp;D+I 02/2019</b>	Arranjo técnico para aumento da confiabilidade e segurança elétrica aplicando armazenamento de energia por baterias e sistemas fotovoltaicos ao serviço auxiliar de subestações 230/500 kV.	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os pesquisadores afirmaram que de fato as propostas partem dos níveis de maturidade reportado pelo aplicativo e a sinalização reportada dos itens que precisam ser evoluídos irá subsidiar o futuro desenvolvimento.

A seguir é apresentado no Quadro 35 resumo com o resultado das avaliações para fim de comparação via procedimento de triangulação.

**Quadro 35 Nível TRL – Propostas Projetos de P&D+I – das Três Fontes de Dados.**

Proposta de Projeto de P&D+I	TRL Preliminar	Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico V.01			TRL Pesquisador
		1º TRL	2º TRL	3º TRL	
Sistema inteligente com aerogerador integrado às fontes de energia solar, storage e hidráulica como plataforma de desenvolvimento visando melhorias contínuas no processo de geração de energia elétrica.	3	3	3	3	3
Arranjo técnico para aumento da confiabilidade e segurança elétrica aplicando armazenamento de energia por baterias e sistemas fotovoltaicos ao serviço auxiliar de subestações 230/500 KV.	4	3	4	3	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando os resultados do Quadro 35 observa-se que os valores apresentados pelo aplicativo têm aderência com a expectativa vislumbrada pela avaliação preliminar extraída da documentação e evidências de cada uma das propostas de projeto P&D+I e também aderência com a expectativa de cada pesquisador/desenvolvedor. Percebe-se que para ambas as propostas de projetos de P&D+I a expectativa da avaliação preliminar e da avaliação dos pesquisadores/desenvolvedores tiveram correspondência e/ou aderência com um dos resultados reportados por uma das três avaliações realizadas pelo aplicativo (1º TRL, 2º TRL, ou 3º TRL).

Para a primeira proposta de projeto de P&D+I informada no quadro pode-se verificar que todos os valores convergiram sem distinção, já para a segunda proposta de projeto de P&D+I as expectativas tiveram aderência com o resultado aferido na segunda avaliação 2º TRL do aplicativo, o que é coerente visto o grau de exigência dos requisitos/critérios existente na avaliação 1º TRL e 3º TRL que foi realizada com os pesquisadores/desenvolvedores.

Convém destacar o resultado das avaliações 1º TRL e 3º TRL apontaram que as propostas de projetos atenderam parcialmente alguns requisitos dos níveis de maturidade seguintes ao nível de maturidade aferido, apontando inclusive os itens que merecem evolução o que demonstra a aderência do resultado com as expectativas. Ou seja, conclui-se que os resultados reportados pelo aplicativo têm coerência com a realidade das respectivas propostas de projetos de P&D+I avaliadas, conclusão endossada pelos respectivos pesquisadores/desenvolvedores.

E) Validação do Aplicativo DRL x TRL Setor Elétrico – Triangulação dos Resultados de A.1, B.1, B.2, C.1, C.2, D.1 e D.2

De posse dos resultados da triangulação apresentada nos itens A.1, B.1, B.2, C.1, C.2, D.1 e D.2, ou seja, da triangulação dos resultados das três fontes de dados de avaliação do nível de maturidade para cada um dos grupos de objetos de pesquisa: produtos tecnológicos; demanda/ideia e; propostas de projetos de P&D+I, chega-se à conclusão que os valores do nível de maturidade auferidos pelo aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01 reproduziu com propriedade a realidade dos objetos de pesquisa avaliados. Os resultados reportados foram aderentes as expectativas de valor de maturidade auferido pelos autores e pesquisadores/desenvolvedores e também com a avaliação preliminar realizada a partir dos documentos e evidências de cada objeto de pesquisa. Conforme relatado em cada ação de avaliação, todos os resultados auferidos pelo aplicativo foram devidamente cancelados pelos respectivos pesquisadores/desenvolvedores de cada um dos produtos tecnológicos, pelos autores das demandas/ideias e pelos pesquisadores/demandantes das propostas de projetos de P&D+I.

Durante o processo de avaliação com os pesquisadores/desenvolvedores, apenas os profissionais do SENAI CIMATEC-BA, SENAI ISI ER-RN, SENAI ISI TIC-PE, ITEEM, PTI e ITA informaram que conheciam e empregavam a metodologia TRL no processo de seleção de propostas de projetos. Informaram que também havia adaptado o método proposto pela NASA para apoiar o processo de gestão da inovação. No entanto, foram sinceros em reportar que foi uma excelente oportunidade terem participado deste *case* de pesquisa, parabenizando pelo alto nível do resultado alcançado registrando desconhecem solução com o nível técnico apresentado e com o detalhamento proposto. Os demais profissionais das outras instituições informaram que desconheciam o método, todavia após o conhecimento proporcionado e pelos resultados demonstrados, reportaram a grandeza e a importância do produto proposto nesta pesquisa como método para apoio à tomada de decisão no processo de gestão da inovação para o setor elétrico e, reforçaram que as instituições de pesquisa também irão se beneficiar diretamente pelo emprego dos métodos no processo de pesquisa e desenvolvimento.

F) Análise do “*Fit*” ou “hibridização” entre o nível de maturidade da demanda/ideia (DRL) e o nível de maturidade tecnológica (TRL) da proposta de projeto de P&D+I

Concluindo a análise do processo completo, da seleção da demanda/ideia à seleção da proposta de projeto de P&DI, chega-se à “cereja do bolo” da presente pesquisa: o cálculo da proposição do nível de risco de sucesso ou probabilidade de sucesso de um futuro processo de transferência de tecnologia.

O aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01 foi desenvolvido para que, de posse dos resultados da avaliação do nível de maturidade da demanda/ideia e dos resultados da avaliação do nível de maturidade da respectiva proposta de projeto de P&D+I ou de produto tecnológico, calcule as seis matrizes de risco de sucesso para um processo de transferência de tecnologia e indique o tipo de parceria que seria realizada com aquelas informações reportadas no aplicativo. O algoritmo que realiza o cálculo está fundamentado principalmente nos trabalhos de Paun (2012, 2011) e Liu, Subramanian, Hang (2020, 2019), detalhes podem ser obtidos na seção 2.5 e 4.2.1.

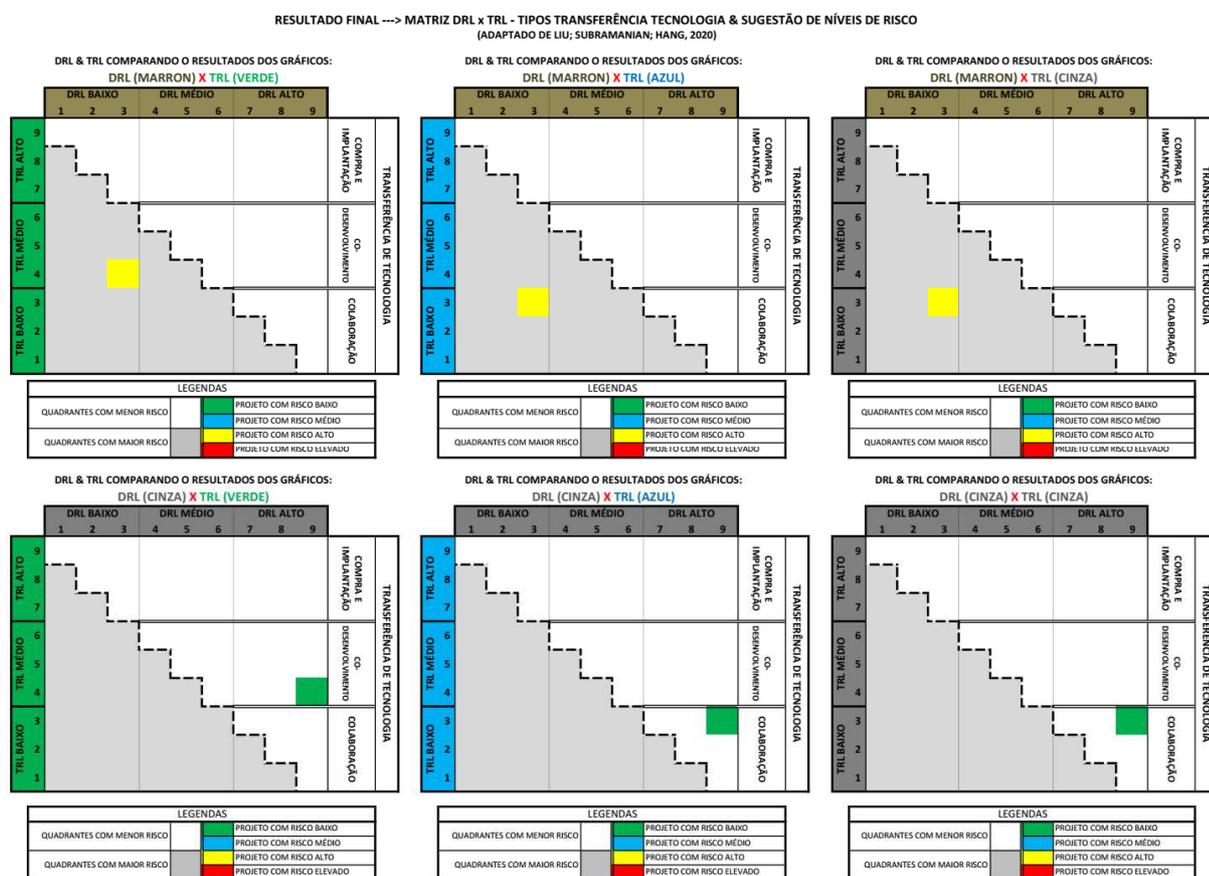
Para exemplificar e discutir os resultados desta última avaliação, será apresentado a seguir o resultado da avaliação para a chamada pública P&D+I 02/2019. A partir dos resultados das avaliações DRL e da TRL, o aplicativo roda o algoritmo final para emissão do relatório (Tabela 5) onde é plotada as seis (06) matrizes com a proposição do nível de risco e o tipo de parceria existente para o sucesso de um futuro processo de transferência de tecnologia dos resultados que serão frutos do desenvolvimento da proposta de projeto de P&D+I avaliada.

Observa-se que as seis (06) matrizes estão identificadas com o respectivo nome que remete a origem dos dados, por exemplo: DRL (Marrom) X TRL (Verde) - esta primeira matriz confronta o resultado da primeira avaliação da demanda/ideia - 1º DRL (que gerou o gráfico na cor marrom) com o resultado da segunda avaliação da proposta de projeto de P&D+I - 2º TRL (que gerou o gráfico verde). O objetivo das seis (06) matrizes de risco é apresentar o nível de sucesso de um futuro processo de transferência de tecnologia correlacionado com o tipo de parceria: Compra e Implantação; Co-Desenvolvimento e Colaboração.

O algoritmo implementado no aplicativo compara cada um dos resultados de nível de maturidade alcançado pela demanda/ideia (1º DRL e 2º DRL) com o nível de maturidade tecnológico alcançado pela proposta de projeto de P&D+I (1º TRL, 2º TRL e 3º TRL) e a partir da metodologia proposta por Paun (2012, 2011) calcula as seis (06) matrizes identificando a probabilidade do sucesso para cada um dos casos comparativos e tipos de parceria a serem

executados. Conforme informado anteriormente, a graduação do nível de risco apresentado graficamente nas cores verde, azul, amarelo e vermelho foi construído e proposto a partir dos resultados apresentados por Liu; Subramanian; Hang (2020, 2019) e Paun (2012, 2011).

**Tabela 5 Matriz DRL x TRL - Demanda/Ideia x Proposta de Projeto Chamada Pública P&D+I 02/2019.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode-se observar pelos resultados a importância de se ter maiores nível de maturidade em ambas as avaliações, seja de DRL como de TRL para constituir menor risco ao processo de transferência de tecnologia entre o que é demandado pelo cliente/mercado (*Market Pull*) e ofertado pelo pesquisador/desenvolvedor (*Technology Push*). Um médio para abaixo nível de maturidade da demanda (DRL) com um médio para baixo nível de maturidade tecnológica (TRL) da proposta de projeto de P&D+I leva a execução de uma parceria enquadrada em quadrantes com risco médio, alto ou elevado. A análise do nível de risco a ser considerado de um futuro sucesso está ligado a matriz que congrega ambas as avaliações:

a) Grupo de matrizes com análise mais conservadora

- ✓ 1ª Matriz: DRL Marrom – 1º DRL conservadora X TRL Verde – 3º TRL NBR ISO 16290:2015;

- ✓ 2ª Matriz: DRL Marrom – 1º DRL conservadora X TRL Azul – 1º TRL conservadora;
  - ✓ 3ª Matriz: DRL Marrom – 1º DRL conservadora X TRL Cinza – 2º TRL menos conservadora.
- b) Grupo de matrizes com análise menos conservadora
- ✓ 4ª Matriz: DRL Cinza – 2º DRL menos conservadora X TRL Verde – 3º TRL NBR ISO 16290:2015;
  - ✓ 5ª Matriz: DRL Cinza – 2º DRL menos conservadora X TRL Azul – 1º TRL conservadora;
  - ✓ 6ª Matriz: DRL Cinza – 2º DRL menos conservadora X TRL Cinza – 2º TRL menos conservadora.

Analisando os grupos identifica-se que a 2ª Matriz (DRL Marrom – 1º DRL conservadora X TRL Azul – 1º TRL conservadora) é a análise mais conservadora do processo, pois o algoritmo implementado em ambas as avaliações utiliza as duas tolerâncias mínimas: o valor mínimo admissível para considerar as perguntas como atendidas e a tolerância mínima para se admitir o avanço de nível TRL. Em contraponto temos na 6ª Matriz (DRL Cinza – 2º DRL menos conservadora X TRL Cinza – 2º TRL menos conservadora) a menos conservadora na sua avaliação, pois em ambas as avaliações ela somente considera a tolerância mínima para se admitir o avanço de nível TRL, a de perguntas não é considerada e admitisse o valor exato da resposta informado pelo respondente.

A opção de fazer as seis comparações é oportuna, pois apresenta opções de nível de risco aos gestores do processo de inovação e também aos pesquisadores/desenvolvedores. Essas opções irão fundamentar o processo de tomada de decisão de seguir em frente no futuro investimento ou durante a execução do projeto de P&D+I.

No exemplo em questão para a chamada pública P&D+I 02/2019 observa-se que o nível de risco variou entre alto e baixo e o tipo de parceria de desenvolvimento variou entre Colaboração e Co-Desenvolvimento. Os maiores riscos foram reportados na segunda (2ª) matriz e na terceira (3ª) matriz. Ambas as matrizes reportaram que a parceria seria do tipo Colaboração. O menor risco foi reportado na quarta (4ª) matriz onde é comparado o resultado da avaliação 1º DRL da demanda/ideia com a avaliação 2º TRL da proposta de projeto de P&D+I, esta última baseada no atendimento dos requisitos/critérios da norma NBR ISO 16290:2015.

De forma geral, o resultado nos revela o alto potencial da demanda/ideia ser atendida pela proposta de projeto de P&D+I uma vez que, resolvido apenas um dos requisitos/critérios apontado na avaliação do DRL 04, o nível de maturidade da demanda/ideia alcançaria o máximo da escala. Adicionalmente o aplicativo também listou nos respectivos relatórios de nível de maturidade DRL e TRL os requisitos técnicos, administrativos e financeiros/econômicos que devem ser tratados e/ou acompanhados durante a execução da respectiva proposta de projeto de P&D+I para atendimento à respectiva demanda/ideia, que sendo resolvidas ou tratadas elevarão em muito a probabilidade de sucesso do projeto e consequentemente do processo de transferência de tecnologia.

## 5 CONCLUSÃO

Regata-se para o fechamento a pergunta de pesquisa que norteou o desenvolvimento realizado: Como os métodos DRL e TRL auxiliam no processo de tomada de decisão nos estágios de captação de demandas/ideias e seleção de propostas de projetos de P&D+I para o setor elétrico? A partir desta pergunta, foi definido o objetivo geral desenvolvimento de aplicativo resultado da convergência dos métodos *Demand Readiness Levels* (DRL), Nível de Maturidade da Demanda e *Technology Readiness Levels* (TRL), Nível de Maturidade Tecnológica, para uso em empresa do setor elétrico brasileiro como ferramenta de tomada de decisão nos estágios de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I.

Para alcance do objetivo geral foi estabelecidos três (03) objetivos específicos: i) Analisar o contexto atual do processo de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I adotado pela Chesf; ii) Avaliar os métodos DRL e TRL para aplicação no processo de gestão de inovação da Chesf nos estágios de captação de demandas/ideias e de seleção de propostas de projetos de P&D+I e; iii) Validar o aplicativo DRL x TRL em duas (02) demandas/ideias, duas (02) propostas de projeto de P&D+I e onze (11) produtos tecnológicos desenvolvidos pela Chesf. Estes objetivos específicos foram desdobrados em cinco (05) etapas que foram realizadas a partir do emprego dos protocolos de pesquisa, do método de análise de conteúdo proposto por Creswell (2007) e da norma internacional ISO/IEC/IEEE 31320:2012-1 através do método IDEF0. Este último método orientou todo o procedimento para desenvolvimento e validação do aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01.

O primeiro objetivo específico que versa sobre o contexto atual da Chesf no processo de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I foi alcançado conforme caracterização realizada com os seis integrantes do GGP&D+I exposto na seção 4.1 do capítulo 4. No que diz respeito ao processo de seleção de demandas/ideias, conforme relatado pelos gestores, a Chesf possui um processo simples e direto de captação e seleção de demandas/ideias que tem como principal objetivo alavancar soluções que tenham alinhamento com o planejamento estratégico da empresa e que gerem resultados que impactem positivamente o negócio com retorno aos acionistas, a sociedade e ao meio ambiente. O processo de gestão da inovação tem evoluído nos últimos 10 anos e a democratização para participação de todos é um dos pontos fortes. No entanto foram listados os seguintes pontos de melhoria: o processo é subjetivo e geralmente a análise é restrita ao conhecimento de um grupo ou apenas de uma pessoa; é necessário o desenvolvimento de uma metodologia fundamentada que diminua a

subjetividade e sinalize gargalos que precisam ser trabalhados para o êxito do processo de seleção de propostas de projetos de P&D+I e do desenvolvimento dos produtos tecnológicos.

Ainda com relação ao primeiro objetivo específico, a Chesf tem empreendido esforços para atender as orientações e recomendações da Lei de P&D do Setor Elétrico nº 9.991/2000, da Lei de Inovação nº 10.973/2004 e suas atualizações através do novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação (Lei nº 13.243/2016), Lei do Bem nº 11.196/2005 e das Leis nº 9.279/1996 (Propriedade Industrial) e nº 9.610/1998 (Direito Autoral). Durante este período implementaram software de elaboração de proposta de projetos de P&D+I, sistema de recebimento e julgamento de propostas e normatização interna. Contudo foram unânimes em sinalizar a carência de metodologia que diminua a subjetividade do processo de seleção e que possibilite a gestão da inovação acompanhando o desenvolvimento dos produtos. Esse procedimento é importante, principalmente no tocante a tomada de decisão para o *go/no go* do investimento, do acompanhamento da evolução da maturidade e do monitoramento e gerenciamento dos riscos e custos, buscando maximizar o alcance dos produtos demandados e a geração de novos negócios através do processo de licenciamento tecnológico via transferência de tecnologia.

Com relação ao segundo objetivo específico, a primeira etapa teve como foco o levantamento e estudo da fundamentação teórica que alicerçou o conhecimento para o desenvolvimento dos objetivos específicos e das etapas seguintes conforme apresentado no capítulo 2. De fato, o estado da arte no tocante a gestão da inovação; as características, especificidades e gargalos do programa de pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor elétrico brasileiro e; o conhecimento atualizado sobre os métodos TRL e DRL foram fundamentais para o alcance dos demais objetivos específicos e conseqüentemente do objetivo geral. Como resultado desta primeira etapa obteve-se a caracterização do processo de gestão da inovação dentro do programa de investimento obrigatório em P&D ditado pela Lei nº 9.991/2000 com a identificação dos gargalos e desafios que foram listados no capítulo 1. O resultado fundamentou e justificou a pesquisa além de resgatar aos dias atuais a discussão.

Outro importante resultado do levantamento da fundamentação teórica foi o levantamento bibliométrico do estado da arte dos métodos DRL e TRL conforme apresentado nos itens 2.3, 2.4 e 2.5 do capítulo 2. Formou-se uma excelente base de conhecimento acerca dos métodos TRL e DRL e suas aplicações em diversas instituições internacionais e nacionais, que forjou o conhecimento necessário para o desenvolvimento realizado. Foi evidenciado os ganhos tangíveis e intangíveis em todos os estágios do processo de gestão da inovação proporcionado

por estes métodos, os quais contribuem diretamente ao planejamento técnico, administrativo e financeiro de todo o processo de inovação. Foi evidenciado também contribuição direta na gestão do desenvolvimento científico tecnológico, na convergência das ações com o cronograma e prazos, na gestão de riscos e na administração dos recursos convergindo com a redução dos custos e a potencialização do sucesso do processo de transferência de tecnologia entre os interesses do demandante/cliente (*Market Pull*) com a disponibilidade dos novos produtos tecnológicos pelos desenvolvedores/pesquisadores (*Technology Push*). O levantamento realizado possibilitou a geração de um novo conhecimento fruto da convergência da problematização do setor elétrico e suas especificidades técnicas e regulatórias com os ganhos relevantes que podem ser proporcionados pela adaptação e emprego do conhecimento dos métodos DRL e TRL no processo de gestão da inovação, conforme apresentado na seção 2.6 do capítulo 2.

Fez também parte das atividades do segundo objetivo específico, a continuidade do processo de entrevistas com os integrantes do GGP&D+I da Chesf o qual teve objetivo de extrair a percepção dos gestores sobre a aderência da aplicação dos métodos DRL e TRL no processo de gestão da inovação. Os resultados foram apresentados na seção 4.1 do capítulo 4. Em resumo os gestores relataram que desconheciam da existência dos métodos DRL e TRL e do emprego no processo de gestão da inovação. Informaram que no processo atual da empresa não existe metodologia que apoie o processo de tomada de decisão no tocante a avaliar o nível de maturidade das informações estratégicas, técnicas, administrativas, e econômicas/financeiras por parte das respectivas áreas técnicas demandantes com relação as oportunidades e/ou demandas/ideias, e registraram que é muito oportuno e importante a adoção dos métodos no programa de P&D ANEEL.

Reforçaram que a Chesf não possui no processo atual de gestão da inovação metodologia que avalie o nível de maturidade das propostas de projetos de P&D+I e nem que possibilite o acompanhamento da evolução do nível de maturidade tecnológica do produto proposto durante seu desenvolvimento. Foram unânimes e afirmaram que é oportuno o desenvolvimento de metodologia que possibilite tais diagnósticos, o que agregaria muito ao processo de seleção e de tomada de decisão, podendo contribuir para a diminuição de atrasos de cronograma, aumento dos riscos e da conseqüente elevação dos custos. Relataram que nos últimos anos tiveram em sua carteira projetos que passaram por desafios técnicos/administrativos, os quais tiveram aumento de custos e alguns que não obtiveram o resultado esperado, problemas que conforme os gestores, possivelmente foram causados pelo nível de planejamento das propostas de projeto

de P&D+I e a aderência as necessidades técnicas e administrativas da Chesf. Os entrevistados convergiram que uma metodologia que congregue os dois métodos DRL e TRL seria de extrema importância ao processo de gestão da inovação da empresa.

As etapas finais da pesquisa são oriundas do terceiro e último objetivo específico. Foi utilizado com êxito o aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01 que foi desenvolvido a partir da adaptação dos conceitos estudados e levantados na fundamentação teórica triangulando com as necessidades e *feedbacks* relatadas pelos profissionais das áreas técnicas, pelos gestores do GGP&D+I e pelos desenvolvedores/pesquisadores das instituições de pesquisa parceiras da Chesf. Os resultados foram apresentados e discutidos na seção 4.2 do capítulo 4.

Na seção 4.2.1.2 do capítulo 4 foi apresentada a proposição da adaptação teórica dos métodos TRL e DRL para o setor elétrico com a geração do Quadro 17, Quadro 18, Quadro 19, Quadro 21 e Quadro 22 com a convergência gráfica inexistente no estado da arte (Gráfico 10, Gráfico 11 e Gráfico 12) dos conceitos propostos (TRL e DRL) com a variação dos custos (orçado/comprometido e incorrido/mudanças) e do grau de risco/incerteza para o ciclo de vida do desenvolvimento de um projeto de P&D+I e do produto tecnológico. Nos gráficos foi proposto a convergência de vários estudos teóricos de variação de investimento ao longo do desenvolvimento, curva de custos não planejados, riscos/incertezas e da ocorrência do “vale da morte” interagindo com o avanço na escala de nível de maturidade da demanda e com a escala do nível de maturidade tecnológica.

A aplicação do método IDEF0 (*Integration Definition For Function Modelling* - ISO/IEC/IEEE 31320:2012-1) se mostrou extremamente eficaz e robusto para o planejamento, controle e execução do processo de adaptação dos conceitos, desenvolvimento e implementação do aplicativo. Através de sua estrutura de acesso rápido e de entendimento simples, o processo de desenvolvimento fluiu naturalmente sem retrabalhos e atrasos de cronograma a partir do momento que o planejamento inicial e o desenho das hierarquias dos módulos de desenvolvimento e as respectivas atividades foram estruturados e aprovados. A adoção dos procedimentos metodológicos propostos para esta pesquisa de fato se mostrou extremamente importante e salutar para que os prazos fossem cumpridos.

Conforme hierarquia IDEF0 desenhada para esta pesquisa, o desenvolvimento do aplicativo ocorreu a partir de quatro (04) módulos principais de desenvolvimento A1, A2, A3 e A4 que foram desdobrados em treze (13) submódulos que congregaram treze (13) atividades principais com quarenta e quatro (44) mecanismos para consecução do desenvolvimento e treze

(13) controles principais. Os controles mantiveram as entradas e saídas (produtos) dentro das especificações e com aderência as premissas básicas definidas nos documentos do estado da arte estudados e atendendo as todas as premissas técnicas, administrativas e de negócio do setor elétrico e da Chesf. A modelagem dos algoritmos e o desenvolvimento do aplicativo ocorreu sem intercorrências ou atrasos e atendeu todas as exigências e expectativas tanto da parte dos profissionais da Chesf como pelos desenvolvedores/pesquisadores das instituições parceiras.

O algoritmo do aplicativo e suas especificidades foi concebido alinhado com as características regulatórias, técnicas e administrativas demandadas pelo setor elétrico brasileiro e pela regulamentação de P&D+I, possuindo estreita convergência com as sinalizações da ANEEL de evolução na regulamentação conforme disposto na Consulta Pública nº 017/2019 de 28 de junho de 2019, que busca trazer ao programa de investimento obrigatório as práticas consolidadas mundialmente de gestão da inovação no tocante a incorporação do método *Technology Readiness Level* (TRL) e o alinhamento com os avanços proporcionados pelo novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação (Lei nº 13.243/2016), que fomentam a cooperação, interação e parceria entre os atores público e privado: instituições e centros de pesquisa com as empresas e a sociedade, uma vez que o aplicativo busca elevar a probabilidade de sucesso do processo de transferência de tecnologia entre as partes interessadas através da análise da convergência do nível de maturidade das informações das demandas tecnológicas do cliente, ou seja, demandado pelo mercado (*Market Pull*), com o nível de maturidade tecnológica da proposta de projeto de P&D+I ou da tecnologia a ser negociada por parte do desenvolvedor ou fabricante (*Technology Push*). Desta forma, o produto desta pesquisa se coloca dentro da vanguarda da evolução do processo sugerida pela agência reguladora ANEEL, contribuindo com conhecimento teórico e prático do estado da arte nos assuntos aqui abordados e com a proposição de aplicativo aplicando a convergência dos métodos TRL e DRL para aferir o nível de risco de sucesso para um processo de transferência de tecnologia.

Com relação ao processo de validação dos algoritmos e da usabilidade do aplicativo, também foi empregado o método IDEF0 para controle e execução das atividades pertinentes. Após a definição dos objetos de pesquisa que foram utilizados para o processo de validação, foi realizado com êxito a utilização do aplicativo pelos profissionais responsáveis por cada um dos processos. Os resultados do nível de maturidade reportados pelo aplicativo para cada um dos objetos de pesquisa foram comparados através do emprego do método da triangulação com os resultados aferidos no processo de avaliação preliminar de nível TRL que utilizou os documentos e evidências materiais estudados e com o resultado esperado pela sensibilidade e

conhecimento técnico de cada profissional responsável de cada objeto de pesquisa. Os resultados da triangulação foram apresentados e discutidos na seção 4.3 do capítulo 4 e evidenciaram a convergência dos resultados, a fidelidade e aderência a realidade técnica, administrativa e de negócios para cada um dos objetos de pesquisa, sendo devidamente chancelados pelos responsáveis (autores e pesquisadores/desenvolvedores), validando o aplicativo DRLxTRL SETOR ELÉTRICO V.01.

A partir dos resultados reportados pelo aplicativo restou evidenciado que a maioria das onze (11) tecnologias (73%) das tecnologias na avaliação pelo gráfico 3º TRL) estão no estágio onde ocorre a maior probabilidade de descontinuidade do investimento, o “vale da morte”, TRLs 4, 5 e 6. O resultado convergiu totalmente com as informações repassadas pelo grupo gestor GGP&D+I que a maioria dos recentes produtos tecnológicos (76%) precisam de novos desenvolvimentos para o amadurecimento tecnológico buscando a devida certificação técnica para implantação no ambiente operacional da empresa. Neste aspecto os resultados reportados pelo aplicativo materializaram numericamente e com a devida fundamentação a expectativa subjetiva que os gestores tinham com relação as tecnologias desenvolvidas. Este resultado é de grande importância para a Chesf que poderá continuar os investimentos nas tecnologias sabendo os aspectos técnicos, administrativos e de negócio que precisa tratar em cada tecnologia, possibilitando mapear os parceiros necessários, incluindo parceiros de mercado e investidores de capital de risco, para a incorporação das tecnologias em suas instalações bem como a inserção no mercado nacional.

Com relação a avaliação do nível de risco do sucesso de um processo de transferência de tecnologia oriundo da análise da convergência dos resultados dos níveis de maturidade da demanda (DRL) com os níveis de maturidade tecnológica (TRL), o resultado reportado pelo aplicativo para as duas demandas/ideias e respectivas propostas de projeto de P&D+I das respectivas Chamadas Públicas de P&D+I (02/2017 e 02/2019), revelou o alto potencial de um futuro processo de transferência de tecnologia. O aplicativo listou os respectivos requisitos técnicos, administrativos e financeiros/econômicos que devem ser tratados e/ou acompanhados durante a execução da respectiva proposta de projeto de P&D+I a fim de aumentar o grau de convergência dos níveis de maturidade e conseqüentemente elevar a probabilidade de sucesso do alcance do produto tecnológico desejado atrelado ao êxito da transferência tecnológica.

Conforme relatado na seção 4.3, todos os profissionais envolvidos registraram que o nível de maturidade reportados nos relatórios pelo aplicativo refletiam a realidade de cada objeto de pesquisa. Elogiaram o alto nível técnico do aplicativo desenvolvido e a excelente qualidade da

interface proposta e dos relatórios produzidos, que reportam de forma clara, precisa e objetiva o conteúdo para tomada de decisão no processo de gestão da pesquisa, desenvolvimento e inovação. Foi reportado pelos profissionais envolvidos que a ferramenta oportuniza as áreas técnicas demandantes da Chesf informações dos gargalos que precisam ser trabalhados alertando para complementação de informações para a devida caracterização do problema que darão suporte a futura solução, agregando conteúdo a futura chamada pública de seleção de propostas de projetos de P&D+I. Destacaram que o produto da pesquisa é extremamente relevante também ao processo de desenvolvimento realizado pelas instituições de pesquisa, permitindo que se antecipe ações de planejamento tecnológico e de pesquisa, na formatação de propostas de projeto com maior aderência e alinhamento com as necessidades dos clientes e no acompanhamento prático da evolução da maturidade tecnológica dos produtos, potencializando o tratamento da propriedade intelectual e o processo de transferência de tecnologia.

Os profissionais acrescentaram que o aplicativo agregará muito valor ao processo de desenvolvimento dos produtos tecnológicos, uma vez que através de critérios racionais será diminuída a subjetividade do processo avaliativo, reportando inclusive com precisão gargalos a serem trabalhados para o avanço do nível de maturidade das tecnologias durante o processo de desenvolvimento. Acrescentaram que os critérios e seus requisitos possibilitam aos gestores informações qualitativas e quantitativas relevantes para o processo de tomada de decisão estratégica, e que da forma como foram elaborados e implementados é possível avaliar o nível de maturidade seja de hardware ou de software.

Com resiliência e ajustes à disponibilidade de agenda dos gestores e profissionais da Chesf, bem como dos desenvolvedores/pesquisadores das instituições de pesquisa parceiras, o processo de validação do aplicativo foi concluído com sucesso. Ou seja, os algoritmos, os requisitos/critérios estabelecidos, a interface, os resultados apresentados com a formatação dos relatórios de nível de maturidade e a análise do nível de risco de sucesso de um processo de transferência de tecnologia foram todos validados. Essas ratificações permitiram finalizar a validação do aplicativo conforme apresentado na seção 4.3.

É importante destacar que os requisitos/critérios utilizados nos métodos DRL e TRL, os algoritmos desenvolvidos, os respectivos critérios e perguntas para cada um dos níveis TRL e DRL, os respectivos pesos de cada um dos critérios, bem como o código fonte da programação implementada não foram registrados nesta dissertação, pois foram definidos como de natureza estratégica e que reporta diferencial competitivo. Neste contexto, durante toda a pesquisa estes produtos foram tratados na modalidade segredo industrial dentro das tratativas de propriedade

intelectual vigentes no Brasil. O conhecimento auferido no desenvolvimento dos produtos apresentados nesta dissertação possibilitou a adaptação dos algoritmos desenvolvidos e apresentados para inserção no Sistema Inteligente de Gestão da Inovação – SiGi, produto desenvolvido no projeto de P&D CHESF ANEEL PD-00048-1401/2015 “Da ideia ao mercado: Desenvolvimento e implementação de método inovador que garanta um processo sistemático e contínuo de geração de valor no desenvolvimento de projetos de P&D+I para a Chesf, o qual foi gerenciado pelo autor desta dissertação e que foi desenvolvido em parceria com o Centro Latino Americano para Inovação, Excelência e Qualidade (CLAEQ).

### **5.1 Expectativa de Impactos e Benefícios Futuros à Chesf e a Comunidade Científica**

Relaciona-se a seguir os impactos e benefícios que podem ser auferidos pela Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf) a partir do conhecimento gerado nesta pesquisa, bem como pelo uso do aplicativo desenvolvido:

- a) Materializar-se no setor elétrico e no Sistema Eletrobras como a primeira concessionária de energia de grande relevância nacional a possuir ferramenta de tomada de decisão baseada na TRL e DRL para o ciclo completo do processo de gestão da inovação: da demanda/ideia ao mercado;
- b) Elevar o indicador de seleção de projetos aderentes ao planejamento estratégico da empresa e aderente as expectativas, benefícios e objetivos traçados na demanda/ideia;
- c) Elevar o indicador de alcance de resultados financeiros/econômicos a partir do investimento em P&D+I;
- d) Elevar o número de incorporação de tecnologias e processos inovadores desenvolvidos a partir do investimento de P&D+I;
- e) Possibilitar a Chesf a visualização das tecnologias que podem ganhar mercado através de parcerias com empresas do setor industrial, realizando projetos de P&D+I nas fases de finalização do protótipo de engenharia, cabeça de série, lote pioneiro e inserção no mercado, ou seja, elevando o nível de maturidade dos produtos para TRL 6, TRL 7, TRL 8 e TRL9;
- f) Elevar o número de pedidos de patente, de modelo de utilidade, de registro de software e de marcas atrelados aos produtos tecnológicos em níveis TRL 6, TRL 7, TRL 8 e TRL9;
- g) Alavancar o número de transferências de tecnologia ao mercado através do licenciamento tecnológico à parceiros, proporcionando retornos econômicos ou financeiros adicionais;

Como contribuição a comunidade científica e instituições de pesquisa e desenvolvimento listamos:

- a) Formação de conhecimento teórico e prático na unificação dos métodos TRL e DRL para gestão da inovação adaptada as características do setor elétrico;
- b) Formação de conhecimento para novos avanços e melhorias e/ou novas adaptações dos métodos TRL e DRL para outros setores da economia ou para outros ambientes empresariais;
- c) Através da adoção pela Chesf do aplicativo na fase de seleção de proposta de projeto de P&D+I, possibilitar as instituições o melhor desenvolvimento de propostas, com grau de maturidade aderente ao nível de maturidade associado a Demanda/Ideia objeto da Chamada Pública de P&D+I.

Estimasse os seguintes impactos financeiros ou econômicos, socioambientais e técnico-científicos:

- a) Aumentar a probabilidade de a Chesf aferir ganhos financeiros adicionais através do licenciamento tecnológico e transferência de tecnologia às empresas encubadas e *startups* ou através da criação de *spinoffs*;
- b) Formação de um mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia e seu treinamento específico no uso do método TRL x DRL para tomada de decisão no processo de gestão da inovação;
- c) Formação da equipe de gestores do GGP&D+I da Chesf na teoria e na prática da utilização dos métodos DRL e TRL adaptados à realidade do setor elétrico para gestão do processo de inovação;
- d) Novas publicações de artigos em periódicos nacionais e internacionais, proporcionando a comunidade científica o aprimoramento do conhecimento sobre o método TRL e DRL;
- e) Proporcionar o avanço do conhecimento nacional no desenvolvimento de tecnologias envolvendo a indústria e a academia, fomentado pela execução de projetos com elevado grau de maturidade tecnológica aderente aos estágios finais da cadeia de inovação.
- f) Adensar mais um degrau de maturidade ao método TRL da NASA e ao método DRL proposto por Paun (2012, 2011), a partir da sua adaptação/aplicação em mais um nicho específico, o setor elétrico brasileiro;

## 5.2 Limitações e Sugestão de Trabalhos Futuros

Como acontece com qualquer pesquisa, houve limitações envolvidas neste estudo, devido à sensibilidade inerente ao examinar dados secundários e principalmente dos primários oriundo da percepção dos pesquisadores, desenvolvedores e usuários das tecnologias desenvolvidas, dos idealizadores das demandas/ideias e a prematuridade das propostas de projetos de P&D+I. Ou seja, a dificuldade inerente do processo de avaliação da amostra escolhida e da imprecisão natural inerente das percepções humanas. Este estudo não tem o intuito de indicar que avaliar o nível de maturidade tecnológica (TRL) e da maturidade da demanda (DRL) são os únicos fatores que afetam a qualidade do desenvolvimento de qualquer produto tecnológico, seja software, evolução de processo, ou produto de engenharia, ou que afete o desempenho destes.

Este estudo teve como alvo a adaptação de um método consagrado internacionalmente para avaliação do nível de maturidade nos estágios de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I, onde para a validação do aplicativo desenvolvido “DRL x TRL SETOR ELÉTRICO V01”, buscou-se diversificar o máximo a escolha dos produtos tecnológicos, as demandas/ideias, bem como, as respectivas propostas de projetos de P&D+I que buscam resolver os desafios ou problemas listados nas respectivas chamadas públicas P&D+I. No entanto, é necessário realizar trabalhos futuros de avaliação de outros produtos tecnológicos, outras demandas/ideias, e de outros projetos de P&D+I que estão em desenvolvimento, sendo salutar também estender a análise à outras empresas do setor elétrico.

Como sugestão da continuidade do processo de pesquisa e validação do aplicativo desenvolvido, sugere-se um novo projeto de pesquisa com maior intervalo de tempo de estudo e maior escopo, a fim de continuar o processo de avaliação e acompanhamento das duas propostas de projetos de P&D+I avaliadas das chamadas públicas P&D+I 02/2017 e 02/2019, estendendo a outros *cases*. Ou seja, sugere-se a continuidade da pesquisa buscando avaliar o nível de maturidade durante todo o ciclo de desenvolvimento dos produtos. Com esta ação contínua ao longo de todo o processo de desenvolvimento, será possível realizar comparativos periódicos individuais e globais dos avanços de nível de maturidade com o nível de maturidade de partida da proposta de projeto de P&D+I correlacionando com o nível de maturidade da demanda/ideia.

Adicionalmente a esta última proposta de pesquisa, ao final dos projetos de P&D+I, é oportuno a realização de uma rodada final de avaliação do nível de maturidade do produto tecnológico desenvolvido comparando com todos os demais resultados, traçando assim o

histórico das fases do desenvolvimento versus os comparativos de avanços de nível de maturidade. Como resultado final, seria avaliado o nível de risco alcançado para o processo de transferência de tecnologia, o qual seria comparado com o nível de risco inicial calculado pelo aplicativo e apresentado nesta pesquisa. Com a execução desta última proposta de pesquisa, além de possibilitar aos gestores informações para tomada de decisão e possíveis correções de rotas tecnológicas ou identificação de gargalos técnicos e de mercado não mapeados inicialmente, irá checar e fortalecer a validação do algoritmo do aplicativo desenvolvido e adensará contribuição direta nos estudos pioneiros de Paun (2012, 2011) e de Liu; Subramanian; Hang (2020, 2019).

Para finalizar, convém registrar outra grande contribuição para estudos futuros, o de consolidar o conhecimento tanto na metodologia como no algoritmo implementado no aplicativo que resulta na avaliação preliminar do nível de risco de sucesso para o processo de transferência de tecnologia que é calculado a partir da avaliação do nível de maturidade da demanda/ideia (DRL) versus a avaliação do nível de maturidade tecnológica (TRL), ou seja, do “*fit*” ou “hibridização” entre *Market Pull* e *Technology Push*. O modelo proposto de análise preliminar de risco de sucesso de um processo de transferência de tecnologia utilizou os conhecimentos do estado da arte do método DRL além dos artigos consagrados de avaliação do nível TRL citados neste trabalho. No entanto, é necessário adensar os estudos e aprofundar a metodologia de análise preliminar de riscos proposta comparando com outros métodos de análise de risco sobre informações de cunho cognitivo (informações inicialmente subjetivas), incluindo a realização de novas avaliações de risco em uma nova amostra de demandas/ideias e propostas de projetos de P&D+I, que neste trabalho de pesquisa foi restrita a duas demandas/ideias e suas respectivas propostas de projetos de P&D+I selecionadas. Mesmo sendo uma avaliação de risco de característica preliminar, nas validações realizadas na presente pesquisa os resultados auferidos demonstraram forte aderência a expectativa dos gestores, dos autores e dos pesquisadores/desenvolvedores que participaram desta pesquisa, ou seja, se o método se mostrou robusto e possui elevado potencial de desenvolvimento, amadurecimento e pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 16290:2015** Sistemas espaciais - Definição dos níveis de maturidade da tecnologia (TRL) e de seus critérios de avaliação. Rio de Janeiro. 21 p. 2015.

AGUSTINHO, Eduardo Oliveira; GARCIA, Evelin Naiara. **Inovação, Transferência de Tecnologia e Cooperação**. Revista Direito e Desenvolvimento. João Pessoa - PB. v. 9, n. 1. p. 223-239. jan./jul. 2018. Disponível em <<https://periodicos.unipe.br/index.php/direitoedesenvolvimento/article/view/525>>. Acesso em 01 mai. 2019.

AHLSTROM, David. **Innovation and Growth: How Business Contributes to Society**. Academy of Management Perspectives. p. 11-24. 2017. Disponível em <<https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/amp.24.3.11>>. Acesso em 01 mai. 2019.

ALMEIDA, Jose Álvaro Jardim de. **P&D no setor elétrico brasileiro: um estudo de caso na Companhia Hidro Elétrica do São Francisco**. 2007. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. Disponível em <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/4441>>. Acesso em 10 jun. 2019.

ALMEIDA, Jose Álvaro Jardim de. **Investigação apreciativa integrada às práticas de gestão do conhecimento em P&D no setor elétrico brasileiro: o caso da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco**. Recife, 2013. 196 f. Tese (Doutorado) - UFPE, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-graduação em Administração, 2013. Disponível em <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/11041>>. Acesso em 10 jun. 2019.

AMARAL, Sueli Angélica do; SOUSA, Antonio José Figueiredo Peva de. **Qualidade da informação e intuição na tomada de decisão organizacional**. Perspectivas em Ciência da Informação. v.16. ed. 1. p.133-146. 2011. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-99362011000100008&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-99362011000100008&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em 01 mai. 2019.

AMARAL, Guilherme; ALVAREZ, Roberto; PEDROSA, Adryelle. **Diálogos de Competitividade - Desempenho e Complexidade da Economia Brasileira**. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABPI). 2014. Disponível em <<http://www.abdi.com.br>>. Acesso em 01 mai. 2019.

ANDRADE, Rogerio P. de. **A construção do conceito de incerteza: uma comparação das contribuições de Knight, Keynes, Shackle e Davidson**. Nova Economia, Belo Horizonte, v. 21, n. 2, p. 171-195, Aug. 2011. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-63512011000200001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-63512011000200001&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 30 mai. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-63512011000200001>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Manual do programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor de energia elétrica**. Brasília. DF. 2008. Disponível em <<https://www.aneel.gov.br/documents/656831/14943930/Manual+P%26D+2008/e7fcf12d-8316-4d54-966d-2a18612e5fd6>>. Acesso em 01 mar. 2019.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Manual do programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor de energia elétrica**. Brasília. DF. 2012. Disponível em <[http://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d/-/asset\\_publisher/ahiml6B12kVf/content/regulamentacao-vigente/656831?inheritRedirect=false](http://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d/-/asset_publisher/ahiml6B12kVf/content/regulamentacao-vigente/656831?inheritRedirect=false)>. Acesso em 01 mai. 2019.

\_\_\_\_\_. **Procedimentos do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (PROP&D)**. Brasília. DF. 2016. Disponível em <[http://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d/-/asset\\_publisher/ahiml6B12kVf/content/regulamentacao-vigente/656831?inheritRedirect=false](http://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d/-/asset_publisher/ahiml6B12kVf/content/regulamentacao-vigente/656831?inheritRedirect=false)>. Acesso em 01 mai. 2019.

\_\_\_\_\_. **Planejamento Estratégico 2018-2021: Sumário Executivo**. Brasília. 2017. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/planejamento-estrategico-ciclo-2018-2021>>. Acesso em 01 mai. 2019.

\_\_\_\_\_. **Transparência**: Disponibilização de informações sobre os projetos de P&D. Gráficos disponibilizados por: SPE. Publicado: 13/03/2018. Última modificação: 03/05/2019. Brasília. 2019a. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d>>. Acesso em 01 mai. 2019.

\_\_\_\_\_. **Consulta Pública Nº 017/2019** de 28 de junho de 2019. Processo 48500.005794/2017-40. Brasília. 2019b. Disponível em <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta\\_publica/](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/)>. Acesso em 01 jul. 2019.

\_\_\_\_\_. **NOTA TÉCNICA Nº 227/2019-SPE/ANEEL** de 28 de junho de 2019. Processo 48500.005794/2017-40. Brasília. 2019c. Disponível em <[https://www.aneel.gov.br/consultas-publicas-antigas?p\\_p\\_id=participacaopublica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet&p\\_p\\_lifecycle=2&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_cacheability=cacheLevelPage&p\\_p\\_col\\_id=column-2&p\\_p\\_col\\_pos=1&p\\_p\\_col\\_count=2&\\_participacaopublica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet\\_ideDocumento=38312&\\_participacaopublica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet\\_tipoFaseReuniao=fase&\\_participacaopublica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet\\_jspPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp](https://www.aneel.gov.br/consultas-publicas-antigas?p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_ideDocumento=38312&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_tipoFaseReuniao=fase&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_jspPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp)>. Acesso em 01 jul. 2019.

\_\_\_\_\_. **NOTA TÉCNICA Nº 0372/2019-SPE/ANEEL** de 20 de dezembro de 2019. Processo 48500.005794/2017-40. Brasília. 2019d. Disponível em <[https://www.aneel.gov.br/consultas-publicas-antigas?p\\_p\\_id=participacaopublica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet&p\\_p\\_lifecycle=2&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_cacheability=cacheLevelPage&p\\_p\\_col\\_id=column-2&p\\_p\\_col\\_pos=1&p\\_p\\_col\\_count=2&\\_participacaopublica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet\\_ideDocumento=39299&\\_participacaopublica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet\\_tipoFaseReuniao=fase&\\_participacaopublica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet\\_jspPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp](https://www.aneel.gov.br/consultas-publicas-antigas?p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_ideDocumento=39299&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_tipoFaseReuniao=fase&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_jspPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp)>. Acesso em 05 fev. 2020.

AROUCK, Osmar. Atributos de Qualidade da Informação. In: **Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação**. João Pessoa. v.4. ed. 1. 2011. Disponível em <<https://search.proquest.com/docview/1038942218?pq-origsite=gscholar>>. Acesso em 08 mai. 2019.

ASTUTI et al. **Timing Model to Launch Spin-off Company**: The Case Study of Mini Manufacturing Plant of 10kWH Li-ion Batteries. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2014 Vol II, IMECS 2014, mar. 12 – 14. Hong Kong. 2014. Disponível em <<https://www.researchgate.net/publication/289834221>>. Acesso em 01 mar. 2020.

AZIZIAN, Nazanin et al. **A Comprehensive Review and Analysis of Maturity Assessment Approaches for Improved Decision Support to Achieve Efficient Defense Acquisition**. San Francisco. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science – WCECS. 2009. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/44260513\\_A\\_Comprehensive\\_Review\\_and\\_Analysis\\_of\\_Maturity\\_Assessment\\_Approaches\\_for\\_Improved\\_Decision\\_Support\\_to\\_Achieve\\_Efficient\\_Defense\\_Acquisition](https://www.researchgate.net/publication/44260513_A_Comprehensive_Review_and_Analysis_of_Maturity_Assessment_Approaches_for_Improved_Decision_Support_to_Achieve_Efficient_Defense_Acquisition)>. Acesso em 01 mai. 2019.

AZIZIAN, Nazanin et al. **A framework for evaluating technology readiness, system quality and program performance of U.S. DoD acquisitions**. Systems Engineering, 14, n. 4, p. 410-425. 2011. Disponível em <<https://doi.org/10.1002/sys.20186>>. Acesso em 01 mai. 2019.

BADRAN, Adnan; BAYDOUN, Elias; HILLMAN, John R. (Ed.). **Higher Education in the Arab World: Building a Culture of Innovation and Entrepreneurship**. p. 385. Springer. 2020.

BAINHA, F. S. dos A.; VIANNA, D. S.; MEZA, E. B. M. **Aplicação do Método AHP à Tomada de Decisão Gerencial: um estudo de caso em serviço de hotelaria offshore**. Marketing & Tourism Review, 3(2). 2018. <https://doi.org/10.29149/mtr.v3i2.4334>. Disponível em <<https://revistas.face.ufmg.br/index.php/mtr/article/view/4334>>. Acesso em 30 abr. 2019.

BANKE, J. **Technology readiness levels demystified**. National Aeronautics and Space Administration, Washington D. C. 07 Aug. 2017. Disponível em: <[http://www.nasa.gov/topics/aeronautics/features/trl\\_demystified.html](http://www.nasa.gov/topics/aeronautics/features/trl_demystified.html)>. Acesso em 01 mai. 2019.

BARBIERI, José Carlos et al. **Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições**. Rev. Administração de Empresas. vol.50 n°2 São Paulo. Apr./Jun. 2010. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0034-75902010000200002>>. Acesso em 26 out. 2010.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 277 p. 2016.

BAXTER, Mike R. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. tradução Itiro Iida. 2. ed. rev. São Paulo. Ed. Blucher. 2008. ISBN 978-85-212-0265-5.

BEARD, T Randolph et al. **A Valley of Death in the innovation sequence: an economic investigation**, Research Evaluation, Volume 18, Issue 5, December 2009, Pages 343–356, 2009. Disponível em <<https://doi.org/10.3152/095820209X481057>>. Acesso em 20 jan. 2020.

BELDERBOS, R.; DUVIVIER, F.; WYNEN, J. Innovation and export competitiveness: evidence from Flemish firms. [S.l.]: **Steunpunt Ondernemen en International Ondernemen (STOIO)**. Working paper. 2009. Disponível em <<https://core.ac.uk/download/pdf/34472046.pdf>>. Acesso em 18 abr. 2019.

BES, Fernando Trías de; KOTLER, Philip. **A Bíblia da Inovação**. Leya. São Paulo. 332 p. 2011.

BESSANT, John; TIDD, Joe. **Inovação e Empreendedorismo**. Porto Alegre. Bookman. 512 p. 2009.

BLANK, Steven Gary. **The Four Steps to the Epiphany: Successful Strategies for Products that Win**. 3ª edition. K&S Ranch Press. p. 275. 2005.

BOEDDRICH, H.J. **Ideas in the workplace: a new approach towards organizing the fuzzy front end of the innovation process**. *Creativity and Innovation Management*, 13 (4), pp. 274-285. 2004. Disponível em < <https://doi.org/10.1111/j.0963-1690.2004.00316.x>>. Acesso em 27 out. 2020.

BRASIL. Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000. **Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências**. Diário Oficial da União. 25 jul. 2000. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9991.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9991.htm)>. Acesso em 01 mai. 2019.

BRASIL. INPI. Resolução INPI/PR nº 220, de 25 de maio de 2018. **Institui a Fase II, do Projeto Piloto do trâmite prioritário de processos de patentes depositados por Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação**. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. 2018. Disponível em <<https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/arquivos-dirpa/PatentesICTsResolucao220de25.05.2018RPI2473de29.05.2018.pdf>>. Acesso em 30 jul. 2019.

BRASIL. CNPq. **Chamada CNPq N° 02/2020 – Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora – DT**. Brasília. 2020. Disponível em <[http://www.cnpq.br/web/guest/chamadas-publicas?p\\_p\\_id=resultadosportlet\\_WAR\\_resultadoscnpqportlet\\_INSTANCE\\_0ZaM&idDivulgacao=9582&filtro=abertas&detalha=chamadaDetalhada&id=58-106-6800](http://www.cnpq.br/web/guest/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&idDivulgacao=9582&filtro=abertas&detalha=chamadaDetalhada&id=58-106-6800)>. Acesso em 13 jul. 2020.

BREM, Alexander; VOIGT, Kai-Ingo. **Innovation Management in Emerging Technology Ventures - The Concept of an Integrated Idea Management**. *International Journal of Technology, Policy and Management*. 2007. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/228315257\\_Innovation\\_Management\\_in\\_Emerging\\_Technology\\_Ventures\\_-\\_The\\_Concept\\_of\\_an\\_Integrated\\_Idea\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/228315257_Innovation_Management_in_Emerging_Technology_Ventures_-_The_Concept_of_an_Integrated_Idea_Management)>. DOI: 10.1504/IJTPM.2007.015113. Acesso em 15 out. 2020.

BREM, Alexander; VOIGT, Kai-Ingo. **Integration of Market Pull and Technology Push in the Corporate Front End and Innovation Management - Insights from the German Software Industry**. *Technovation*. 29. 351-367. 2009. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.technovation.2008.06.003>>. Acesso em 27 out. 2020.

BRIGHT, D.S; FRY, Ronald E.; COOPERRIDER, D.L. **Transformative innovations for the mutual benefit of business society, and environment**. BAWB Interactive Working Paper Series. v. 1. p. 17-33. 2006. Disponível em <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.125.9279&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em 01 mai. 2019.

BROWN, Steve; LAMMING, Richard; BESSANT, John. **Strategic Operations Management**. London: Taylor & Francis Group. 3 ed. 497 p. 2013.

BRUN, E.; SAETRE, A. S.; GJELSVIK, M. **Classification of ambiguity in new product development projects**. European Journal of Innovation Management, v. 12, n. 1, p. 62-85, 2009. Disponível em <<https://doi.org/10.1108/14601060910928175>>. Acesso em 27 out. 2020.

CABRAL, Sabrina de Melo. **Transformação organizacional generativa: a investigação apreciativa para além do positivo**. Recife, 2015. 243 p. Tese (Doutorado em Administração) - UFPE, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-graduação em Administração, 2015. Disponível em <[https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/15417/1/TESE\\_2016\\_01\\_27\\_SABRINA%20DE%20MELO%20CABRAL.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/15417/1/TESE_2016_01_27_SABRINA%20DE%20MELO%20CABRAL.pdf)>. Acesso em 01 mai. 2019.

CALAZANS, Angélica Toffano Seidel. **Qualidade da informação: conceitos e aplicações**. Transinformação. vol. 20. núm. 1. jan.-abr. p. 29-45. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas. 2008. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-37862008000100003&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-37862008000100003&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em 01 mai. 2019.

CAMPOS, C. J. G. **Método de análise de conteúdo: Ferramenta para a análise de dados qualitativos no campo da saúde**. Revista Brasileira de Enfermagem, Brasília, vol. 57, n. 5, p. 611-614, set./out. 2004. Disponível em <<https://www.scielo.br/pdf/reben/v57n5/a19v57n5.pdf>>. Acesso em 10 dez. 2020.

CAPDEVILLE, G. de; ALVES, A. A.; BRASIL, B. dos S. A. F. **Modelo de inovação e negócios da Embrapa Agroenergia: gestão estratégica integrada de P&D e TT**. Embrapa Agroenergia. 73 p. 2017. Disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1085322>>. Acesso em 10 mai. 2019.

CARAYANNIS, Elias; CAMPBELL, David. **Mode 3 and Quadruple Helix: toward a 21st century fractal innovation ecosystem**. International Journal of Technology Management. v. 46. n. 3-4. 2009. Disponível em <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3572572/mod\\_resource/content/1/8-carayannis2009.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3572572/mod_resource/content/1/8-carayannis2009.pdf)>. Acesso em 11 dez. 2018.

\_\_\_\_\_. **Triple helix, quadruple helix and quintuple helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other?** A Proposed framework for a transdisciplinary analysis of sustainable development and social ecology. International Journal of Social Ecology and Sustainable Development. p. 41–69. 2010. Disponível em <<http://www.igi-global.com/bookstore/article.aspx?titleid=41959>>. Acesso em 11 dez. 2018.

\_\_\_\_\_. **Open Innovation Diplomacy and a 21st Century Fractal Research, Education and Innovation (FREIE) Ecosystem: Building on the Quadruple and Quintuple Helix Innovation Concepts and the “Mode 3” Knowledge Production System.** Springer Briefs in Business. 2011. Disponível em <<https://www.researchgate.net/publication/225717035>>. Acesso em 10 dez. 2018.

\_\_\_\_\_. **Mode 3 Knowledge Production in: Quadruple Helix Innovation Systems.** Springer Briefs in Business 7. 2012. Disponível em <[https://www.springer.com/cda/content/document/cda\\_downloaddocument/9781461420613-c1.pdf?SGWID=0-0-45-1263639-p174250662](https://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument/9781461420613-c1.pdf?SGWID=0-0-45-1263639-p174250662)>. Acesso em 10 dez. 2018.

CASSIOLATO, José Eduardo; LASTRES, Helena M. M. Políticas de Inovação e Desenvolvimento. 99. 19-56. In: COUTINHO, Diogo R.; FOSS, Maria Carolina; MOUALLEM, Pedro Salomon B. **Inovação no Brasil: avanços e desafios jurídicos e institucionais / organização de Diogo R. Coutinho, Maria Carolina Foss, Pedro Salomon B. Mouallem.** – São Paulo : Blucher, 340 p. 2017. Disponível em <<file:///C:/Users/willianr/Downloads/PolInovLivreInovacaoBrasil.pdf>>. Acesso em 20 jun. 2019.

CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Sugestões de aprimoramento ao modelo de fomento à PD&I do Setor Elétrico Brasileiro: Programa de P&D regulado pela Aneel.** Brasília. DF. Athalaia Gráfica e Editora Ltda. 2015. Disponível em <[https://www.cgee.org.br/estudoscgee/-/asset\\_publisher/LqcvUkzr5FI/document/id/905992?inheritRedirect=false](https://www.cgee.org.br/estudoscgee/-/asset_publisher/LqcvUkzr5FI/document/id/905992?inheritRedirect=false)>. Acesso em 01 ago. 2018.

CHESF, Companhia Hidro Elétrica do São Francisco. **Relatório Anual e de Sustentabilidade 2013.** 2013. Disponível em <[https://relatoriosustentabilidade.chesf.gov.br/2013/PDF/CHESF\\_RELATORIO\\_SOCIAL\\_2014.pdf](https://relatoriosustentabilidade.chesf.gov.br/2013/PDF/CHESF_RELATORIO_SOCIAL_2014.pdf)>. Acesso em 01 dez. 2020.

\_\_\_\_\_. **Relatório Anual e de Sustentabilidade 2014.** 2014. Disponível em <[https://sustentabilidade.chesf.gov.br/assets/files/Chesf\\_RS2104\\_completo.pdf](https://sustentabilidade.chesf.gov.br/assets/files/Chesf_RS2104_completo.pdf)>. Acesso em 01 dez. 2020.

\_\_\_\_\_. **Relatório Anual e de Sustentabilidade 2015.** 2015. Disponível em <<https://www.chesf.gov.br/sustentabilidade/StyleLibraryCanal/Relat%c3%b3rio%20Anual%20e%20de%20Sustentabilidade%202015.pdf>>. Acesso em 01 dez. 2020.

\_\_\_\_\_. **Relatório Anual e de Sustentabilidade 2016.** 2016. Disponível em <[https://sustentabilidade-2016.chesf.gov.br/wp-content/uploads/2017/pdf/CHESF\\_RAS\\_2017\\_A4\\_04072017b.pdf](https://sustentabilidade-2016.chesf.gov.br/wp-content/uploads/2017/pdf/CHESF_RAS_2017_A4_04072017b.pdf)>. Acesso em 01 dez. 2020.

\_\_\_\_\_. **Relatório Anual e de Sustentabilidade 2017.** 2017. Disponível em <[https://relatorio-sustentabilidade-2017.chesf.gov.br/assets/Chesf\\_PdfCompleto\\_ptbr.pdf](https://relatorio-sustentabilidade-2017.chesf.gov.br/assets/Chesf_PdfCompleto_ptbr.pdf)>. Acesso em 01 dez. 2020.

\_\_\_\_\_. **Relatório Anual e de Sustentabilidade 2018**. 2018a. Disponível em <[https://relatorio-sustentabilidade-2018b.chesf.gov.br/assets/docs/chesf\\_portugues\\_interativo.pdf](https://relatorio-sustentabilidade-2018b.chesf.gov.br/assets/docs/chesf_portugues_interativo.pdf)>. Acesso em 01 dez. 2020.

\_\_\_\_\_. **Chesf investe R\$ 420 milhões**. Notícia. Sistema Chesf. 2018b. Disponível em <[http://www.chesf.gov.br/\\_layouts/15/Chesf\\_Noticias\\_Farm/Noticia.aspx?IDNoticia=308](http://www.chesf.gov.br/_layouts/15/Chesf_Noticias_Farm/Noticia.aspx?IDNoticia=308)>. Acesso em 02 jun. 2019.

\_\_\_\_\_. **Relatório Anual 2019**. 2019. Disponível em <[https://relatorio-sustentabilidade-2019.chesf.gov.br/wp-content/uploads/2020/09/Chesf\\_RA\\_2019\\_port\\_297x210mm\\_AF.pdf](https://relatorio-sustentabilidade-2019.chesf.gov.br/wp-content/uploads/2020/09/Chesf_RA_2019_port_297x210mm_AF.pdf)>. Acesso em 01 dez. 2020.

CHESF, Companhia Hidro Elétrica do São Francisco; CLAEQ, Centro Latino Americano para Inovação, Excelência e Qualidade. **Máquina AHP 32**. 2020.

CHIDAMBER, S.; SHYAM, R.; KON, H. **A research retrospective of innovation inception and success: the technology-push, demand-pull question**, International Journal of Technology Management, Vol. 9 No. 1, pp. 91-112. 1994. Disponível em <<https://doi.org/10.1108/17410381311287463>>. Acesso em 02 nov. 2020.

CIRANI, Claudia Brito Silva; CAMPANARIO, Milton de Abreu; SILVA, Heloisa Helena Marques da. A evolução do ensino da pós-graduação senso estrito no Brasil: análise exploratória e proposições para pesquisa. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior**, v. 20, n. 1. 2015. <https://doi.org/10.590/S1414-40772015000500011>. Disponível em <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-40772015000100163&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-40772015000100163&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em 23 de abr. 2020.

CLOSS, Lisiane Quadrado; FERREIRA, Gabriela Cardozo. **A transferência de tecnologia universidade-empresa no contexto brasileiro: uma revisão de estudos científicos publicados entre os anos 2005 e 2009**. Gest. Prod., São Carlos, v. 19, n. 2, p. 419-432, 2012. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-530X2012000200014&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2012000200014&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 05 Nov. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2012000200014>.

COMSTOCK, D; SCHERBENSKI, J. **Facilitated access to space environment for technology development and training (FAST)**. In: AIAA AEROSPACE SCIENCES MEETING AND EXHIBIT. 2008, Reno. Anais... Reno: AIAA, 2008. Disponível em <[https://www.nasa.gov/pdf/330842main\\_aiaa\\_2008\\_798\\_780.pdf](https://www.nasa.gov/pdf/330842main_aiaa_2008_798_780.pdf)>. Acesso em 03 out. 2019.

COOPER, Robert G. **Predevelopment activities determine product success**. **Industrial Marketing Management**, 17(3), 237-247. 1988. Disponível em <[http://dx.doi.org/10.1016/0019-8501\(88\)90007-7](http://dx.doi.org/10.1016/0019-8501(88)90007-7)> Acesso em 27 out. 2010.

\_\_\_\_\_. **Winning at New Products: Accelerating the Process from Idea to Launch**. New York. Basic Books. 416 p. 2001.

\_\_\_\_\_. **The seven principles of the latest Stage-Gate® method add up to a streamlined, new-product idea-to-launch process.** Product Development Institute Inc. mar. 2006. Disponível em <[http://www.five-is.com/wp-content/uploads/2013/12/Cooper\\_2006\\_Formula\\_for\\_Success.pdf](http://www.five-is.com/wp-content/uploads/2013/12/Cooper_2006_Formula_for_Success.pdf)>. Acesso em 10 mai. 2019.

\_\_\_\_\_. **Perspective:** The stage-gate idea-to-launch process-Update, what's new, and NexGen systems. *Journal of Product Innovation Management*. vol. 25, no. 3, pp. 213–232, Mai. 2008. Disponível em <DOI: 10.1111/j.1540-5885.2008.00296.x>. Acesso em 08 out. 2020.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J. **Maximizing Productivity in Product Innovation.** *Research-Technology Management*. 51:2. p. 47-58. 2008a. Disponível em <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.603.1584&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em 10 mai. 2019.

\_\_\_\_\_. **Portfolio Management for New Products: Picking the Winners.** Product Development Institute Inc. n. 11. 2008b. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/237829790\\_Portfolio\\_Management\\_for\\_New\\_Products\\_Picking\\_The\\_Winners](https://www.researchgate.net/publication/237829790_Portfolio_Management_for_New_Products_Picking_The_Winners)>. Acesso em 10 mai. 2019.

\_\_\_\_\_. **Developing a product innovation and technology strategy for your business:** a framework for developing a product innovation strategy includes defining innovation goals and objectives, selecting strategic arenas, developing a strategic map, and allocating resources. *Research Technology Management*, 53(3), 33-40. 2010. Disponível em <<https://uplandsoftware.com/powersteering/wp-content/uploads/sites/2/2017/03/Developing-a-Product-Innovation-Technology-Strategy.pdf>>. Acesso em 27 out. 2010.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. **New product portfolio management:** practices and performance. *Journal of Product Innovation Management*. v. 19. n. 4. p. 333-351. 1999. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0737678299000053>>. Acesso em 10 mai. 2019.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. **Portfolio management for new product development:** results of an industry practices study. *R&D Management*. v. 31. n. 4. p. 361-380. 2001. Disponível em <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1467-9310.00225>>. Acesso em 10 mai. 2019.

CORDER, S.; SALLES-FILHO, S. **Aspectos Conceituais do Financiamento à Ciência, Tecnologia e Inovação.** *Revista Brasileira de Inovação*. v. 5. n. 1. p. 33-76. jan-jun. 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.20396/rbi.v5i1.8648923>>. Acesso em 10 mai. 2019.

COSTA, J. F. da Serra, et al. **Uma abordagem multicritério da telefonia móvel no estado do rio de janeiro através do método de análise hierárquica (AHP).** *CADERNOS DO IME – Série Estatística*. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Rio de Janeiro – RJ – Brasil. ISSN 1413-9022 / v. 22, n. p. 16 – 30. 2007. Disponível em <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/cadest/article/view/15752>>. Acesso em 25 abr. 2019.

COSTA, Helder. **De Borda-AHP**: Integrando os métodos De Borda e AHP. Relatórios Pesqui. Eng. Produção. v.14. p. 1-10. 2014. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/304348741\\_De\\_Borda-AHP\\_Integrando\\_os\\_metodos\\_De\\_Borda\\_e\\_AHP](https://www.researchgate.net/publication/304348741_De_Borda-AHP_Integrando_os_metodos_De_Borda_e_AHP)>. Acesso em 20 ago. 2019.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 2. ed. 248 p. Porto Alegre. Artmed. 2007.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. 8ª ed. São Paulo: Cortez. 2006.

DELLAGNELO, E. H. L.; SILVA, R. C. Análise de conteúdo e sua aplicação em pesquisa na administração. In M. M. F. Vieira; D. M. Zovain (Orgs.), **Pesquisa qualitativa em administração**: teoria e prática (pp. 97-118). São Paulo: FGV. 2005.

DELOITTE. **Industry 4.0**: Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. Deloitte. p.3. Zurique. 2015. Disponível em <<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>>. Acesso em 23 de abr. 2020.

DENT, D.; PETTIT, B. **Technology and Market Readiness Levels**. Dent Associates Science in Business. White Paper 11-01. Dent Associates Ltd.: Winchester, UK. p. 3. 2011. Disponível em <<https://www.dentassociates.co.uk/wpdivi/wp-content/uploads/2015/09/Technology-and-Market-Readiness-Levels.pdf>>. Acesso em 15 out. 2020.

DENZIN, N.; LINCOLN, Y. **Handbook of qualitative research**. (2ª ed). Thousand Oaks: Sage. 2000.

DIAS, G. E. D. et al. **A Importância Relativa dos Fatores de Qualidade e seus Determinantes na Seleção de Cursos de Línguas Estrangeiras em Redes Sociais sob a Ótica do Consumidor**. XXXVI Encontro da ANPAD. Rio de Janeiro. 2012. Disponível em <[http://www.anpad.org.br/diversos/down\\_zips/63/2012\\_MKT2528.pdf](http://www.anpad.org.br/diversos/down_zips/63/2012_MKT2528.pdf)>. Acesso em 05 out. 2019.

DUARTE, R. **Entrevistas em pesquisas qualitativas**. Educar, n. 24, p. 213-225, Editora UFPR. 2004. Disponível em <<https://revistas.ufpr.br/educar/article/view/2216/1859>>. Acesso em 10 mai. 2019.

ELETROBRAS. **Relatório Anual 2017**. Rio de Janeiro. 2017. Disponível em: <[http://eletrobras.com/pt/SobreaEletrobras/Relatorio\\_Anual\\_Sustentabilidade/2017/Relatorio-Anual-Eletrobras-2017.pdf](http://eletrobras.com/pt/SobreaEletrobras/Relatorio_Anual_Sustentabilidade/2017/Relatorio-Anual-Eletrobras-2017.pdf)>. Acesso em 06 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. **Relatório Anual 2018**. Rio de Janeiro. 2018a. Disponível em: <[https://eletrobras.com/pt/SobreaEletrobras/Eletrobras\\_RA2018\\_VF.pdf](https://eletrobras.com/pt/SobreaEletrobras/Eletrobras_RA2018_VF.pdf)>. Acesso em 02 jun. 2019.

\_\_\_\_\_. **Política de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação das Empresas Eletrobras**. Rio de Janeiro. 2018b. Disponível em: <<https://eletrobras.com/pt/GestaoeGovernancaCorporativa/POL-07.pdf>>. Acesso em 02 jun. 2019.

EMBRAPPI, Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial. **Manual de operação das unidades EMBRAPPI**. 61 p. 2020. Disponível em <[https://embrappi.org.br/wp-content/images/2020/09/Manual\\_EMBRAPPI\\_UE\\_versa%CC%83o\\_6.0-de-28.09.20.pdf](https://embrappi.org.br/wp-content/images/2020/09/Manual_EMBRAPPI_UE_versa%CC%83o_6.0-de-28.09.20.pdf)>. Acesso em 10 set. 2020.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Cenários de Demanda para o PNE 2050**. Ministério de Minas e Energia (MME). Brasília. DF. 2018a. Disponível em <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-202/Cen%C3%A1rios%20de%20Demanda.pdf>>. Acesso em 15 mai. 2019.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2027**. Ministério de Minas e Energia (MME). Brasília. DF. 2018b. Disponível em <[http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202027\\_aprovado\\_OFICIAL.pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202027_aprovado_OFICIAL.pdf)>. Acesso em 15 mai. 2019.

ESA, European Space Agency. **Technology Readiness Levels Handbook for Space Applications**. 1ª. ed. [S.l.]: [s.n.]. 66 p. 2008. Disponível em <[https://artes.esa.int/sites/default/files/TRL\\_Handbook.pdf](https://artes.esa.int/sites/default/files/TRL_Handbook.pdf)>. Acesso em 15 mai. 2019.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. **Introduction to special issue on science policy dimensions of the Triple Helix of university-industry-government relations**. Science and Public Policv. England. v. 24. n. 1. p. 2-5. 1997. Disponível em <<https://academic.oup.com/spp/article-abstract/24/1/2/1672119?redirectedFrom=fulltext>>. Acesso em 10 dez. 2018.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. **The dynammics of innovation: from National System and “Mode 2” to a Triple Helix of university industry government relations**. v. 29. p.109-123. 2000. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733399000554>>. Acesso em 10 dez. 2018.

ETZKOWITZ, Henry; ZHOU, Chunyan. **Hélice tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo**. Estudos Avançados 31 (90). 2017. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142017000200023](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142017000200023)>. Acesso em 15 out. 2018.

FACCIN, Kadígia; BORTOLASO, Ingridi; BALESTRIN, Alsones. **A Visão Relacional de Políticas de Ciência e Tecnologia: o Caso do Programa Brasileiro CI Brasil**. Revista Eletrônica de Administração, Porto Alegre, RS, v. 22, n. 1, p. 226-251, jun. 2016. ISSN 1413-2311. Disponível em <<https://seer.ufrgs.br/read/article/view/54831/37607>>. Acesso em 02 mai. 2020.

FÁTIMA, Portela Cysne. **Transferência de tecnologia entre a universidade e a indústria**. Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação, núm. 20, segundo semestre, pp. 54-74. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Brasil. 2005. Disponível em <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14702005>>. Acesso em 05 nov. 2020.

FERRAZ, Clarice. **A reforma do setor elétrico brasileiro**: O Brasil na contramão do desenvolvimento sustentável. Boletim Infopetro. Petróleo & Gás Brasil. Ano 17. n.2. p. 47-53. Maio/junho. 2017. Disponível em <<https://infopetro.files.wordpress.com/2017/08/infopetro05062017.pdf>>. Acesso em 16 mai. 2019.

FINEP, Financiadora de Estudos e Projetos. **Seleção Pública MCTI/FINEP/FNDCT Subvenção Econômica à Inovação – 05/2020**. 2020. Disponível em <<http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/645>>. Acesso em 30 jul. 2020.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3ª ed., J. E. Costa, Trad. São Paulo: Artmed. 2009.

FRANK, C. et al. **Surviving the “valley of death”**: A comparative analysis. J Technol Transfer 21, 61–69. 1996. <https://doi.org/10.1007/BF02220308>. Disponível em <<https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02220308#citeas>>. Acesso em 22 out. 2020.

FURTADO, Celso. **Essencial Celso Furtado**. Org. Rosa Freire d’Aguiar. 1 ed. São Paulo. Penguin Classics Companhia das Letras. 2013.

GARNICA, Leonardo Augusto; TORKOMIAN, Ana Lúcia Vitale. **Gestão de tecnologia em universidades**: uma análise do patenteamento e dos fatores de dificuldade e de apoio à transferência de tecnologia no Estado de São Paulo. Gest. Prod., São Carlos, v. 16, n. 4, p. 624-638, Dec. 2009. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-530X2009000400011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2009000400011&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 05 Nov. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2009000400011>.

GASKELL, G.; BAUER, M. W. Para uma prestação de conta pública: além da amostra da fidedignidade e da validade. In: Bauer, M. W., & Gaskell, G. (orgs.). **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som**: um manual prático. (8a ed.). Petrópolis: Vozes, 470-490. 2010.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo. SP. Atlas. 2008.

GRAETTINGER, C. P. et al. **Using the technology readiness levels scale to support technology management in the DoD’s ATD/STO environments**. A findings and recommendations report conducted for Army CECOM. Pittsburgh: Software Engineering Institute, 2002. (Special report). Disponível em <<https://resources.sei.cmu.edu/library/asset-view.cfm?assetid=5835>>. Acesso em 19 mai. 2019.

GULBRANDSEN, Karen Elizabeth. **Bridging the valley of death**: The rhetoric of technology transfer. 2009. 156 f. Tese (Doutorado) - Curso de Philosophy, Iowa State University, Iowa, 2009. Disponível em <<https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1758&context=etd>>. Acesso em 25 mai. 2019.

HANSEN, Morten T.; BIRKINSHAW, Julian. **The Innovation Value Chain**. hbr.org. Jun. Harvard Business Review. The Sophisticated Innovator. 121-130. 2007. Disponível em <<https://hbr.org/2007/06/the-innovation-value-chain>>. Acesso em 27 out. 2020.

HEISING, W. **The integration of ideation and project portfolio management: a key factor for sustainable success.** *International Journal of Project Management*, 30(5), 582-595. 2012. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.01.014>>. Acesso em 27 out. 2020.

HERSTATT, Cornelius; LETTL, Christopher. **Management of "technology push" development projects.** Working Paper. No. 5e. Hamburg University of Technology (TUHH). Institute for Technology and Innovation Management (TIM). Hamburg. 2000. Disponível em <<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:830-opus-1621>>.

HERSTATT, Cornelius et al. **"Fuzzy front end" practices in innovating Japanese companies in new product development.** *International Journal of Innovation and Technology Management (IJITM)*. 03. 43-60. 2006. Disponível em <[https://doi.org/10.1007/3-540-31248-X\\_8](https://doi.org/10.1007/3-540-31248-X_8)>. Acesso em 27 out. 2020.

HJORTH, Sune Solberg; BREM, Alexander Michael. **How to Assess Market Readiness for an Innovative Solution: The Case of Heat Recovery Technologies for SMEs.** *Sustainability*, 8, 1152; 2016. doi:10.3390/su8111152. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/309875319\\_How\\_to\\_Assess\\_Market\\_Readiness\\_for\\_an\\_Innovative\\_Solution\\_The\\_Case\\_of\\_Heat\\_Recovery\\_Technologies\\_for\\_SMEs](https://www.researchgate.net/publication/309875319_How_to_Assess_Market_Readiness_for_an_Innovative_Solution_The_Case_of_Heat_Recovery_Technologies_for_SMEs)>. Acesso em 01. Mar. 2020.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Resumo do Roteiro de Desenvolvimento de Missões e Tecnologias Espaciais para o período 2008-2020 – Roteiro MTE.** São José dos Campos. 230 p. 2008. Disponível em <[http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/CPA-068-2008\\_v1.pdf](http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/CPA-068-2008_v1.pdf)>. Acesso em 16 mai. 2019.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela ANEEL.** Org.: Fabiano Mezadre Pompermayer, Fernanda De Negri, Luiz Ricardo Cavalcante.- Brasília. 2011. Disponível em <[http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12316](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=12316)>. Acesso em 16 mai. 2019.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações.** Org. Lenita Maria Turchi, José Mauro de Moraes. Brasília. 2017. Disponível em <<http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8125/1/Pol%C3%ADticas%20de%20apoio%20%C3%A0%20inova%C3%A7%C3%A3o%20tecnol%C3%B3gica%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em 10 mai. 2019.

ISO, International Organization For Standardization. **ISO 16290:2013 Space systems - Definition of Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment.** [S.l.]: [s.n.]. 12 p. 2013.

ISO; IEC; IEEE. **ISO/IEC/IEEE 31320-1:2012. Information technology — Modeling Languages - Part 1: Syntax and Semantics for IDEF0.** [S.l.]: [s.n.]. 15.09.2012 106 p. 2012.

ITA, INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA. **Tecnologia de alinhamento e nivelamento automatizados**. 2015. Disponível em <<http://www.ita.br/noticias/lam>>. Acesso em: 19 mai. 2019.

JIE, H.; ZHAOFENG, G.; KUI, Z. **Research on evaluation method of electronic product maturity**. IEEE 2nd International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering. Wuhan. p. 118-121. 2011. Disponível em <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6008081>>. Acesso em 16 mai. 2019.

JULIEN, Pierre Andre. **Empreendedorismo regional e economia do conhecimento**. Editora Saraiva, 1 ed. 2017.

JUNIOR, Edmundo Inácio, et al. **Quão efetivas são políticas tecnológicas de cunho impositivas? Evidências do programa de P&D capitaneadas por uma empresa do setor elétrico brasileiro**. Revista Ciências Estratégicas. Medlím. v. 21. n. 29. p. 87-104. jun. 2013. Disponível em <<https://revistas.upb.edu.co/index.php/cienciasestrategicas/article/view/2458>>. Acesso em 10 out. 2018.

KAUARK, F. S.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da pesquisa: Um guia prático**. Itabuna. Via Litterarum. 2010.

KEMPE, N. et al. **An Optimal Algorithm for Raw Idea Selection under Uncertainty**. System Science (HICSS), 45th Hawaii International Conference on, 4-7 Jan. p.237-246. 2012. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/241635861\\_An\\_Optimal\\_Algorithm\\_for\\_Raw\\_Idea\\_Selection\\_under\\_Uncertainty](https://www.researchgate.net/publication/241635861_An_Optimal_Algorithm_for_Raw_Idea_Selection_under_Uncertainty)>. Acesso em 27 out. 2020.

KESTER, L. et al. **Exploring portfolio decision-making processes**. Journal of Product Innovation Management. v. 28. n. 5. p. 641-661. 2011. Disponível em <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1540-5885.2011.00832.x>>. Acesso em 16 mai. 2019.

KEKLIK, Mümtaz. **Schumpeter, Innovation and Growth: Long-cycle dynamics in the post-WWII American manufacturing industries**. 1 ed. Routledge. 2018.

KIM, Soung-Hie; JANG, Ki-Jin. **Designing performance analysis and IDEF0 for enterprise modelling in BPR**. International Journal of Production Economics. Volume 76, Issue 2, Pages 121-133. 2002. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00154-7](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00154-7). Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527300001547>>. Acesso em 19 ago. 2019.

KLINE, Stephen J.; ROSENBERG, Nathan. An Overview of Innovation. Landau, R; Rosenberg, N. (org.). **The Positive Sum Strategy**. Washington. DC: National Academy of Press. p. 275-305. 1986. Disponível em <[ftp://ftp.ige.unicamp.br/pub/CT010/aula%202/KlineRosenberg\(1986\).pdf](ftp://ftp.ige.unicamp.br/pub/CT010/aula%202/KlineRosenberg(1986).pdf)>. Acesso em 10 mai. 2019.

KOEN, P. A.; BERTELS, H. M. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. **Managing the front end of innovation**. Part II: results from a three-year study: effective front-end activities were found to be significantly for incremental and radical projects. *Research Technology Management*, 57(3), 25-35. 2014. Disponível em <<http://frontendinnovation.com/media/default/pdfs/fei-article-2.pdf>>. Acesso em 27 out. 2020.

LALLY, E. F. **Conceptual spacecraft designs for the exploration of Jupiter**. *Astronautica Acta*. Volume 11, Issue 4, July/August. p. 219-237. 1965. Disponível em <<https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/6.1965-388>>. Acesso em 10 mai. 2019.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia científica**. 7ª ed. São Paulo. Atlas. 373 p. 2018.

LEYDESDORFF, L.; ETZKOWITZ, H. **Emergence of a Triple Helix of university-industry-government relations**. Vol. 23(5). pp.279-286. *Science and Public Policy*. At a workshop in Amsterdam. 1996. Disponível em <<https://academic.oup.com/spp/article/23/5/279/1663475>>. Acesso em 10 dez. 2018.

\_\_\_\_\_. **The triple helix as a model for innovation studies**. *Science and Public Policy*. v. 25. n. 3. p. 195-203. 1998a. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/279550284\\_The\\_Triple\\_Helix\\_as\\_a\\_model\\_for\\_innovation\\_studies/download](https://www.researchgate.net/publication/279550284_The_Triple_Helix_as_a_model_for_innovation_studies/download)>. Acesso em 10 dez. 2018.

\_\_\_\_\_. **Triple Helix of innovation: introduction**. *Science and Public Policy*. England. v. 25. n. 6. p. 358-364. 1998b. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/279550435\\_Triple\\_Helix\\_of\\_innovation\\_Introduction](https://www.researchgate.net/publication/279550435_Triple_Helix_of_innovation_Introduction)>. Acesso em 10 dez. 2018.

LIMA et al. **Utilização do método de análise hierárquica (AHP) para definição dos pesos de restrições fracas na resolução de problemas de programação de horários para uma instituição federal de ensino superior**. XLVII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. 25-28 ago. 2015. Disponível em <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2015/pdf/142973.pdf>>. Acesso em 19 ago. 2019.

LIU, Hung-Yao; SUBRAMANIAN, Annapoornima M.; HANG, Chang-Chieh. **In Search of the Perfect Match: A Configurational Approach to Technology Transfer in Singapore**. *IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT*. 1, January. 2019. Disponível em <[http://www.ieee.org/publications\\_standards/publications/rights/index.html](http://www.ieee.org/publications_standards/publications/rights/index.html)>. Acesso em 06 dez. 2020.

LIU, Hung-Yao; SUBRAMANIAN, Annapoornima M.; HANG, Chang-Chieh. **Marrying the Best of Both Worlds: An Integrated Framework for Matching Technology Transfer Sources and Recipients**. *IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT*, VOL. 67, Nº. 1, Fevereiro. 2020. Disponível em <[http://www.ieee.org/publications\\_standards/publications/rights/index.html](http://www.ieee.org/publications_standards/publications/rights/index.html)>. Acesso em 07 mar. 2020.

MANDELBAUM, Jay. **How the S&T Community can best support the Technology Readiness Assessment (TRA) Process – Do's and Don'ts's**. Technology Maturity Conference. 2007. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/235147277\\_How\\_the\\_ST\\_Community\\_Can\\_Best\\_Support\\_the\\_Technology\\_Readiness\\_Assessment\\_TRA\\_Process\\_Do's\\_and\\_Don'ts](https://www.researchgate.net/publication/235147277_How_the_ST_Community_Can_Best_Support_the_Technology_Readiness_Assessment_TRA_Process_Do's_and_Don'ts)>. Acesso em 18 abr. 2019.

MANKINS, J. C. **Technology readiness levels**. A white paper. Washington, D.C.: NASA. 1995. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/247705707\\_Technology\\_Readiness\\_Level\\_-\\_A\\_White\\_Paper](https://www.researchgate.net/publication/247705707_Technology_Readiness_Level_-_A_White_Paper)>. Acesso em 18 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Approaches to strategic research and technology (R&T) analysis and road mapping**. Acta Astronautica, Amstredam, v. 51, n. 1-9, p. 3-21, July. 2002. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094576502000838>>. [https://doi.org/10.1016/S0094-5765\(02\)00083-8](https://doi.org/10.1016/S0094-5765(02)00083-8). Acesso em 18 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Technology readiness and risk management: a new approach**. Acta Astronautica. 2009a. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/256934710\\_Technology\\_Readiness\\_and\\_Risk\\_Assessments\\_A\\_New\\_Approach](https://www.researchgate.net/publication/256934710_Technology_Readiness_and_Risk_Assessments_A_New_Approach)>. Acesso em 18 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Technology Readiness: A retrospective**. Acta Astronautica 65. p. 1216-1223. 2009b. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094576509002008>>. Acesso em 18 abr. 2019.

MARCA, D.A. SADT/IDEF0 for Augmenting UML, Agile and Usability Engineering Methods. In: Escalona M.J., Cordeiro J., Shishkov B. (eds). **Software and Data Technologies**. p. 38-55. ICSOFT 2011. Communications in Computer and Information Science, vol 303. Springer, Berlin, Heidelberg. 2013. Disponível em <[https://doi-org.ez16.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-3-642-36177-7\\_3](https://doi-org.ez16.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-3-642-36177-7_3)>. Acesso em 10 jul. 2019.

MARKHAM, S. K. **The impact of front-end innovation activities on product performance**. Journal of Product Innovation Management, 30(S1), 77-92. 2013. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1111/jpim.12065>>. Acesso em 27 out. 2010.

MASON, G.; BISHOP, K.; ROBISON, C. **Business Growth and Innovation**. NESTA. Londres. 2009. Disponível em <[https://media.nesta.org.uk/documents/business\\_growth\\_and\\_innovation.pdf](https://media.nesta.org.uk/documents/business_growth_and_innovation.pdf)>. Acesso em 18 abr. 2019.

MAXWELL, J. A. **Qualitative Research Design: an interactive approach**. Thousand Oaks: Sage. 1996.

MEIRA, Silvio. **As três hélices da inovação – que são cinco, afinal**. 2012. Disponível em <<http://www.ikewai.com/WordPress/2012/05/30/as-trs-hlices-da-inovao-que-so-cinco-afinal/>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

MELANDER, L.; TELL, F. **Uncertainty in collaborative NPD**: effects on the selection of technology and supplier. *Journal of Engineering and Technology Management*, 31, 103-119. 2014. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jengtecman.2013.10.009>>. Acesso em 27 out. 2020.

MENDES, Dany Rafael Fonseca; OLIVEIRA, Michel Ângelo Constantino de; PINHEIRO, Adalberto Amorim. **Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação**: avaliação do marco regulatório e seus impactos nos indicadores de inovação. *Revista de Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas*, v. 2, n. 1, p. 22-46. 2013. <http://dx.doi.org/10.14211/regepe.v2i1.49>. Disponível em <<https://www.regepe.org.br/regepe/article/view/49>>. Acesso em 04 mai. 2020.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (Org.). **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. 21<sup>a</sup> Ed. Rio de Janeiro: Vozes. 2002.

MOWERY, David; ROSENBERG, Nathan. **The influence of market demand upon innovation**: a critical review of some recent empirical studies. *Research Policy*, v. 8, p. 102-153, abr. 1979. Disponível em <[https://doi.org/10.1016/0048-7333\(79\)90019-2](https://doi.org/10.1016/0048-7333(79)90019-2)>. Acesso em 01 nov. 2020.

MUNRO, H; NOORI, H. **Measuring commitment to new manufacturing technology**: integrating technological push and marketing pull concepts. *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 35, no. 2, pp. 63-70. 1988. Disponível em <doi: 10.1109/17.6006>. Acesso em 01 nov. 2020.

NASA. **NASA space systems technology model**. Office of Aeronautics and Space Technology – OAST. Washington, D.C. v. 1. 1980. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=kuSLwAEACAAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=kuSLwAEACAAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em 18 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Integrated technology plan for the civil space program**. Office of Aeronautics and Space Technology. Washington, D.C. 1991a. Disponível em: <<http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19920022390.pdf>>. Acesso em 01 mar. 2019.

\_\_\_\_\_. **Transportation Technology Program**: strategic plan. Office of Aeronautics, Exploration and Technology. Washington, D.C. 1991b. Disponível em: <<http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19930013843.pdf>>. Acesso em: 1 mar. 2019.

\_\_\_\_\_. **NASA Systems Engineering handbook**. NASA/SP-2007-6105. Rev 1. Washington, D.C.20546. 2007. (Technical report). Disponível em <<http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20080008301.pdf>>. Acesso em 01 mar. 2019.

\_\_\_\_\_. **Technology Readiness Levels Demystified**. 2010. Disponível em <[https://www.nasa.gov/topics/aeronautics/features/trl\\_demystified.html](https://www.nasa.gov/topics/aeronautics/features/trl_demystified.html)>. Acesso em 18 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Lessons from the challenger launch decision** – additional resources. Washington, D.C., 2011. (NASA Case study resources). Disponível em <[https://www.nasa.gov/centers/goddard/pdf/574228main\\_GSFC-1041R-1-Challenger\(072211\).pdf](https://www.nasa.gov/centers/goddard/pdf/574228main_GSFC-1041R-1-Challenger(072211).pdf)>. Acesso em 18 jun. 2019.

NOLTE, W. **Readiness Level Proliferation**. AFRL/XPQ. Dtic. mil. EUA, 2011. Disponível em: <[https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2011/system/13132\\_NolteWednesday.pdf](https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2011/system/13132_NolteWednesday.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2019.

NOLTE, W; BILBRO, J. W (Foreword). **Did I ever tell you about the whale? or measuring technology maturity**. Charlotte: Information Age Publishing, p. 15-17. 2008.

NOLTE, W. L.; KENNEDY, B. C.; DZIEGIEL, R. J. **Technology readiness calculator**. Risk Management. 2003. Disponível em: <<https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2003/systems/nolte2.pdf> >. Acesso em: 10 dez. 2019.

NRC, National Research Council. **Improving NASA's technology for space science**. The National Academies Press. Washington, D.C. 1993. <https://doi.org/10.17226/12299>. Disponível em: <<https://www.nap.edu/catalog/12299/improving-nasas-technology-for-space-science> >. Acesso em: 01 mar. 2019.

OECD. The Organisation for Economic Co-operation and Development. **Oslo Manual: Guidelines for collecting and interpreting innovation data (3rd ed.)**. Paris. Joint Publication of the OECD and the Statistical Office of the European Communities. 2005. Disponível em <<https://doi.org/10.1787/9789264013100-en>>. Acesso em 18 abr. 2019.

OECD. The Organisation for Economic Co-operation and Development. The Organisation for Economic Co-operation and Development. **Manual de Frascati 2002: Proposta de Práticas Exemplares para Inquéritos sobre Investigação e Desenvolvimento Experimental**. OECD ILibrary. Barcelona. 2008. Disponível em <<https://doi.org/10.1787/9789264065611-pt>>. Acesso em 18 abr. 2019.

OTTO, R.B. et al. **Methodology for product development in R&D companies**. Advances in Transdisciplinary Engineering. Volume 10, 7 October 2019, Pages 269-278. 26th ISTE International Conference on Transdisciplinary Engineering, TE. University of Tokyo. Tokyo. Japan; 30 July through 1 August. 2019; Disponível em <DOI: 10.3233/ATDE190132>. Acesso em 02 jul. 2020.

PARANHOS, Julia; CATALDO, Bruna; PINTO, Ana Carolina de Andrade. **Criação, Institucionalização e Funcionamento dos Núcleos de Inovação Tecnológica no Brasil: Características e Desafios**. Revista Eletrônica de Administração, Porto Alegre, RS, v. 24, n. 2, p. 253-280, set. 2018. ISSN 1413-2311. Disponível em <<https://seer.ufrgs.br/read/article/view/84988>>. Acesso em 02 mai. 2020.

PATTON, M. Q. **Qualitative evaluation and research methods**. (2ª ed.). Newbury Park: Sage. 2002.

PAUN, Florin. **Demand Readiness Level" (DRL), a new tool to hybridize Market Pull and Technology Push approaches**. Introspective analysis of the new trends in Technology Transfer practices. 2011. Disponível em <<http://ssrn.com/abstract=1763679>>. Acesso em 07 mar. 2020.

PAUN, Florin. **The Demand Readiness Level Scale as New Proposed Tool to Hybridise Market Pull with Technology Push Approaches in Technology Transfer Practices**. D.B. Audretsch et al. (eds.), *Technology Transfer in a Global Economy*, 353. *International Studies in Entrepreneurship*. v. 28. Springer Science+Business Media New York, 2012. Disponível em <DOI 10.1007/978-1-4614-6102-9\_18>. Acesso em 07 mar. 2020.

PELAEZ, Victor et al. **Fundamentos e microfundamentos da capacidade dinâmica da firma**. *Revista Brasileira de Inovação*. v. 7. n. 1. p. 101-125. jan./jun. 2008. Disponível em <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8648959>>. Acesso em 18 abr. 2019.

PETROBRAS; SEBRAE. **Edital Petrobras-Sebrae 2020-1**. Chamada Pública de Projetos de Inovação. 2020. Disponível em <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sebraeaz/perguntas-frequentes-sobre-o-programa-petrobras-conexoes-para-inovacao,e837b8a6a28bb610VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acesso em 18 abr. 2019.

PMI, Project Management Institute. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)/Project Management Institute**. Sexta edição. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2017. ISBN: 978-1-62825-192-0.

PRESLEY, Adrien; LILES, Donald. **The Use of IDEF0 for the Design and Specification of Methodologies**. Automation & Robotics Research Institute. The University of Texas at Arlington. 7300 Jack Newell Blvd. S. Fort Worth, Texas. 1998. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/2447898\\_The\\_Use\\_of\\_IDEF0\\_for\\_the\\_Design\\_and\\_Specification\\_of\\_Methodologies](https://www.researchgate.net/publication/2447898_The_Use_of_IDEF0_for_the_Design_and_Specification_of_Methodologies)>. Acesso em 19 ago. 2019.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. – 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em <<https://www.feevale.br/institucional/editora-feevale/metodologia-do-trabalho-cientifico---2-edicao>>. Acesso em 20 out. 2019.

QUINTELLA et al. Valoração de ativos de propriedade Intelectual. Transferência de tecnologia [Recurso eletrônico on-line] / organizadores: Irineu Afonso Frey, Josealdo Tonholo, Cristina M. Quintella. – Salvador (BA): IFBA, 2019. 304 p. **PROFNIT, Conceitos e aplicações de Transferência de Tecnologia**. V. 1. ISBN: 978-85-67562-48-3. 2019. Disponível em: <<http://www.profnit.org.br/pt/livros-profnit/>>. Acesso em 20 out. 2020.

RABECHINI JR., R.; MAXIMIANO, A. C. A.; MARTINS, V. A. **A adoção de gerenciamento de portfólio como uma alternativa gerencial: o caso de uma empresa prestadora de serviço de interconexão eletrônica**. *Produção*. v. 15. n. 3. p. 416-433. 2005. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0103-65132005000300011&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0103-65132005000300011&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em 16 abr. 2019.

RAMOS, Milena Yumi. Internacionalização da pós-graduação no Brasil: lógica e mecanismos. **Educação e Pesquisa: Revista da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 44, e161579. 2018. <https://doi.org/10.1590/s1517-9702201706161579>. Disponível em <<https://www.scielo.br/pdf/ep/v44/1517-9702-ep-S1517-9702201706161579.pdf>>. Acesso em 09 Abr. 2020.

RAUPP, F. M.; BEUREN, I. M. Metodologia da pesquisa aplicável as Ciências Sociais. In: BEUREN, I. M. **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. 2.ed. São Paulo: Atlas. p. 76-97. 2004.

RIABACKE, Mona; DANIELSON, Mats; EKENBERG, Love. **State-of-the-Art Prescriptive Criteria Weight Elicitation**. *Advances in Decision Sciences*. vol. 2012. Artigo ID 276584. 24 p. 2012. Disponível em <<https://doi.org/10.1155/2012/276584>>. Acesso em 10 mai. 2019.

RIBEIRO, Maria; ALVES, Alex. **Aplicação do método Analytic Hierarchy Process (AHP) com a mensuração absoluta num problema de seleção qualitativa**. *Sistemas & Gestão. Gestão & Prod. São Carlos*. 2016. Disponível em <<https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/988>>. Acesso em 20 abr. 2019.

RIEL, A.; NEUMANN, M.; TICHKIEWITCH, S. **Structuring the early fuzzy front-end to manage ideation for new product development**. *CIRP Annals: Manufacturing Technology*, 62(1), 107-110. 2013. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2013.03.128>>. Acesso em 27 out. 2020.

RIES, Erick. **The Lean Startup**. Ed. Portfolio Penguin. 1ª edição. 366 p. 2011.

ROCHA, Daiane. MELO, Francisco Cristóvão Lourenço de. RIBEIRO, Joana. **Uma adaptação da metodologia TRL**. *Revista Gestão em Engenharia*. São José dos Campos. v.4. n.1. p.45-56. jan./jun. 2017. Disponível em <<http://www.mec.ita.br/~cge/RGE/ARTIGOS/v04n01a04.pdf>>. Acesso em 16 abr. 2019.

ROSA, Maria Virginia de Figueiredo Pereira do Couto; ARNOLDI, Marlene Aparecida Gonzales Colombo. **A entrevista na pesquisa qualitativa - mecanismos para validação dos resultados**. Ed. Autêntica. 101 p. 2017.

ROSS, D. T. **Structured Analysis (SA): A Language for Communicating Ideas**. *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. SE-3, no. 1, pp. 16-34, Jan. 1977. Disponível em <doi: 10.1109/TSE.1977.229900>. Acesso em 18 ago. 2019

ROSS, D. T.; SCHOMAN, K. E. **Structured Analysis for Requirements Definition**. *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. SE-3, no. 1, pp. 6-15, Jan. 1977. Disponível em <doi: 10.1109/TSE.1977.229899>. Acesso em 18 ago. 2019.

ROZENFELD, Henrique et. al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo**. Ed. Saraiva. São Paulo. 2006. 542 p. ISBN 978.85.02.05446-2.

SAATY, T.L. **What is the Analytic Hierarchy Process?**. In: Mitra G., Greenberg H.J., Lootsma F.A., Rijkaert M.J., Zimmermann H.J. (eds) *Mathematical Models for Decision Support*. NATO ASI Series (Series F: Computer and Systems Sciences), vol 48. Springer, Berlin, Heidelberg. 1988. Disponível em <[https://doi.org/10.1007/978-3-642-83555-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-83555-1_5)>. Acesso em 20 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **How to make a decision: The analytic hierarchy process**. *European Journal of Operational Research*. Volume 48, Issue 1. p. 9-26. ISSN 0377-2217. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I). 1990. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037722179090057I>>. Acesso em 20 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process**. *Rev. R. Acad. Cien. Serie A. Mat.* 102, 251–318. 2008. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/BF03191825>>. Acesso em 15 abr. 2019.

SAATY, T. L; SAGIR, Mujgan Ozdemir. **Extending the measurement of tangibles to intangibles**. *International Journal of Information Technology & Decision Making*. Vol. 8, No. 1 (2009) 7–27. World Scientific Publishing Company. 2009. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/46510198\\_Extending\\_the\\_measurement\\_of\\_tangibles\\_to\\_intangibles](https://www.researchgate.net/publication/46510198_Extending_the_measurement_of_tangibles_to_intangibles)>. Acesso em 15 abr. 2019.

SADIN, Stanley R.; POVINELLI, Frederick P.; ROSEN, Robert. **The NASA Technology push towards Future Space Mission Systems**. v. 20. p. 73-77. *Acta Astronautica*. 1989. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0094576589900544>>. Acesso em 18 abr. 2019.

SAUSER, B. et al. **Technology Integration maturity metrics: Development of an integration readiness level**. *Inform Knowledge Syst Management*. IOS Press. 9(1). p. 17–46. 2010. DOI 10.3233/IKS-2010-0133. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/228652540\\_Integration\\_maturity\\_metrics\\_Development\\_of\\_an\\_integration\\_readiness\\_level](https://www.researchgate.net/publication/228652540_Integration_maturity_metrics_Development_of_an_integration_readiness_level)>. Acesso em 18 jun. 2019.

SCHUMPETER, Joseph A. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Rio de Janeiro. Zahar Editores S.A. 1984.

SCHUMPETER, Joseph A. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico** (1 ed., 1934). Tradução de Maria Sílvia Possas. Coleção Os Economistas. São Paulo. Nova Cultural. 1997.

SILVA NETO, A. M. da; TRABASSO, L. G. **Método para Avaliação do Grau de Maturidade Tecnológica no Processo de Desenvolvimento de Produtos da Indústria Metal-Mecânica**. *Revista Processos Químicos*, 9(18), 343-354. 2015. Disponível em <<https://doi.org/10.19142/rpq.v9i18.334>>. Acesso em 15 ago. 2019.

SMALS, R. G. M.; SMITS, A. A. J. **Value for value**: the dynamics of supplier value in collaborative new product development. *Industrial Marketing Management*, 41(1), 156-165. 2012. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.indmarman.2011.11.022>>. Acesso em 27 out. 2020.

STANKO, M. A.; BONNER, J. M. **Projective customer competence**: projecting future customer needs that drive innovation performance. *Industrial Marketing Management*, 42(8), 1255-1265. 2013. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.indmarman.2013.05.016>>. Acesso em 27 out. 2020.

SUTOPO, W. et al. **Commercialization Model of New Technology Lithium-Ion Battery**: A Case Study for Smart Electrical Vehicle. Joint International Conference on Rural Information & Communication Technology and Electric-Vehicle Technology (rICT & ICeV-T). November 26-28, Bandung-Bali, Indonesia. 2013. doi: 10.1109 / rICT-ICeVT.2013.6741511. Disponível em <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6741511>>. Acesso em 07. Jul. 2020.

TAKAHASHI, V. P. **Transferência de conhecimento tecnológico**: estudo de múltiplos casos na indústria farmacêutica. *Gestão & Produção*, 12(2), 255-269. 2005. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2005000200009>>. Acesso em 05 nov. 2020.

TERRA, José Claudio. **10 Dimensões da gestão da inovação**: uma abordagem para a transformação organizacional. Organizador: Jose Claudio terra. Bjorn Frederick et al. Rio de Janeiro. Elsevier. 317 p. 2012. ISBN 978-85-352-5545-4.

TIDD, Joe; BESSANT, John; PAVITT, Keith. **Gestão da Inovação**. 3 ed. Porto Alegre. Bookman. 600 p. 2008.

TIDD, Joe; BESSANT, John. **Gestão da Inovação**. 5 ed. Porto Alegre. Bookman. 633 p. 2015.

TRANTAPHYLLOU, Evangelos; MANN, Stuart. **Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications**: Some challenges. *The International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*. 2. 35-44. 1995. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/241416054\\_Using\\_the\\_analytic\\_hierarchy\\_process\\_for\\_decision\\_making\\_in\\_engineering\\_applications\\_Some\\_challenges](https://www.researchgate.net/publication/241416054_Using_the_analytic_hierarchy_process_for_decision_making_in_engineering_applications_Some_challenges)>. Acesso em 10 mai. 2019.

UNITED STATES. **Executive Office of the Presidente of the United States**. Report of the Presidential Commission on the Space Shuttle Challenger Accident. Washington, D.C., 1986. (Rogers comission). Disponível em: <<http://history.nasa.gov/rogersrep/genindex.htm>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

UNITED STATES. General Accounting Office. GAO, **Best practices**: Better management of technology development can improve weapon system outcomes, GAO/NSIAD-99-162, U.S. Government Accountability Office, Washington, DC. Jul. 1999. Disponível em <<https://www.gao.gov/products/NSIAD-99-162>>. Acesso em 16 mai. 2019.

UNITED STATES. Department Of Energy (DOE). **From invention to Innovation**. U.S. Department Of Energy Inventions & Innovation Program. Office Of Energy Efficiency And Renewable Energy. DOE/GO-10099-810. Revised July. 2000. Disponível em <<https://www.nrel.gov/docs/fy00osti/26620.pdf>>. Acesso em 20 out. 2020.

UNITED STATES. Department of Defense (DOD). **Technology readiness assessment (TRA) deskbook**. Deputy Under Secretary of Defense for Science and Technology (DUSD(S&T)). Washington, DC. 2005. Disponível em <<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a438933.pdf>>. Acesso em 10 ago. 2019.

UNITED STATES. General Accounting Office. GAO, **Defense Acquisitions: Assessments of Selected Weapon Programs**. GAO-07-406SP, U.S. Government Accountability Office, Washington, DC.mar. 2007. Disponível em <<https://www.gao.gov/products/GAO-07-406SP>>. Acesso em 16 mai. 2019.

VARGAS, Ricardo. **Utilizando a Programação Multicritério (AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio**. PMI Global Congress 2010 – North America Washington – DC – EUA. 2010. Disponível em <<https://ricardo-vargas.com/pt/articles/analytic-hierarchy-process/>> Acesso em 25 abr. 2019.

VENTURA, Magda Maria. **O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa**. Rev SOCERJ. 20(5):383-386. 2007. Disponível em <[http://www.academia.edu/download/34829418/o\\_estudo\\_de\\_caso\\_como\\_modalidade\\_de\\_pesquisa.pdf](http://www.academia.edu/download/34829418/o_estudo_de_caso_como_modalidade_de_pesquisa.pdf)>. Acesso em 05 out. 2020.

VERGARA, S. C. **Método de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas. 2005.

VERWORN, B.; HERSTATT, C.; NAGAHIRA, A. **The fuzzy front end of Japanese new product development projects: impact on success and differences between incremental and radical projects**. R&D Management, 38(1), 1-19. 2008. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9310.2007.00492.x>>. Acesso em 27 out. 2020.

XAVIER, Ademir. **Introdução ao IMATEC como ferramenta de avaliação de maturidade tecnológica em projetos espaciais**. AEB, Agência Espacial Brasileira. Brasília, DF. 2018. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/328539215\\_Introducao\\_ao\\_IMATEC\\_como\\_ferramenta\\_de\\_avaliacao\\_de\\_maturidade\\_tecnologica\\_em\\_projetos\\_espaciais](https://www.researchgate.net/publication/328539215_Introducao_ao_IMATEC_como_ferramenta_de_avaliacao_de_maturidade_tecnologica_em_projetos_espaciais)>. Acesso em 18 ago. 2018.

WEF, World Economic Forum. **The Global Competitiveness Report 2018**. Klaus Schwab. Cologny/Geneva. Switzerland, p. 671. 2018. Disponível em <[www.weforum.org](http://www.weforum.org)>. Acesso em 16 abr. 2019.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

**APÊNDICE A – PROTOCOLO DE PESQUISA 1ª ENTREVISTA  
SEMIESTRUTURADA**

Entrevista semiestruturada com gestores do processo de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D+I) na Chesf

**Objetivo Específico Atrelado:** Analisar o Contexto Atual do Processo de Seleção de Demandas/Ideias e de Propostas de Projetos de P&D+I Adotado pela Chesf

<b>PROTOCOLO DE PESQUISA</b>		
<b>TÍTULO</b>	Desenvolvimento de Aplicativo de Suporte a Tomada de Decisão na Gestão da Inovação Resultante da Combinação dos Métodos <i>Technology Readiness Level (TRL)</i> e <i>Demand Readiness Level (DRL)</i> : O Estudo de Caso Chesf.	
<b>PERGUNTA DE PESQUISA</b>	Como os métodos DRL e TRL auxiliam no processo de tomada de decisão nos estágios de captação de demandas/ideias e seleção de propostas de projetos de P&D+I para o setor elétrico?	
<b>OBJETIVO GERAL</b>	Desenvolvimento de aplicativo resultado da convergência dos métodos <i>Demand Readiness Levels (DRL)</i> , Nível de Maturidade da Demanda e <i>Technology Readiness Levels (TRL)</i> , Nível de Maturidade Tecnológica, para uso em empresa do setor elétrico brasileiro como ferramenta de tomada de decisão nos estágios de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I.	
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICO</b>	<b>COBERTURA TEMÁTICA TEÓRICA</b>	<b>QUESTÕES</b>
Analisar o contexto atual do processo de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I adotado pela Chesf.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestão da Inovação;</li> <li>- Gestão de ideias e de seleção de projetos.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Identificação:</li> <li>2- Qual sua formação principal?</li> <li>3- Quantos anos trabalha no setor elétrico?</li> <li>4- Quantos anos de empresa?</li> <li>5- Dentro do processo de gestão da inovação o início do processo pode determinar seu êxito, ou seja, o processo de seleção de demandas/ideias ou identificação de problema/oportunidade de melhoria. Comente como é que ocorre o processo atual de seleção de demandas/ideias ou identificação de problema/oportunidade de melhoria.</li> <li>6- Qual a sua avaliação geral do processo atual da Chesf de seleção de demandas/ideias ou identificação de problema/oportunidade de melhoria, pontos de destaque e pontos que merecem evolução?</li> </ol>

		<p>7- Existe no processo atual de seleção de demandas/ideias, metodologia ou procedimento que possibilite analisar a contextualização/fundamentação da ideia/problema/melhoria, ou seja, que avalie se a ideia/problema/melhoria foi devidamente caracterizada no que concerne à sua exequibilidade?</p> <p>8- No processo de seleção de demandas/ideias existe procedimento que identifique qual a fase da cadeia de inovação a proposta de projeto a ser selecionada deverá possuir?</p> <p>9- Nos últimos processos de seleção de demandas/ideias ocorreu algum onde a ideia não foi exaustivamente analisada e avaliada pelos pares, com a utilização de um procedimento ou metodologia?</p> <p>10- Nos últimos processos de seleção de demandas/ideias (últimos 5 anos) o processo de formalização e/ou ferramenta de inserção levam o idealizador a refletir sobre a maturidade do que está sendo proposto em termos de fundamentação técnica, dados e ou informações para o desenvolvimento, aderência com a estratégia da empresa, riscos envolvidos para o desenvolvimento da solução, requisitos técnicos a serem atendidos, expertise interna e externa necessária, propriedade intelectual, entre outras informações?</p> <p>11- Nos últimos processos de seleção de demandas/ideias foi empregado metodologia que avaliasse a viabilidade olhando os aspectos técnicos, ambientais, econômicos, financeiros e sociais?</p> <p>12- Na sua opinião, quais pontos de melhoria/evolução que devem ser considerados para o processo de seleção de ideias/problema/melhoria para desenvolvimento de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&amp;D+I)?</p> <p>-----</p> <p>13- O processo de seleção de projetos de P&amp;D+I é um dos principais marcos do processo de gestão da inovação. Comente como é formatado e como é que ocorre o processo atual de seleção de propostas de projetos de P&amp;D+I?</p> <p>14- Qual sua percepção geral quanto ao processo de seleção de propostas de projetos de P&amp;D+I, pontos de destaque e pontos que merecem evolução?</p> <p>15- Na sua opinião, no atual processo de seleção de projetos de P&amp;D+I, os requisitos e critérios utilizados na Chamada Pública poderiam ser melhorados a fim de diminuir a subjetividade do julgamento?</p>
--	--	---

		<p>16- Nos últimos processos de seleção de projetos (últimos 5 anos) o conteúdo da chamada pública e/ou as ferramentas de elaboração de propostas e de recebimento levam o proponente a refletir sobre a maturidade do que está sendo proposto em termos de fundamentação teórica/matemática, formulação de etapas, formação da equipe, parceiros externos necessários, estudo de mercado, requisitos de propriedade intelectual entre outros aspectos?</p> <p>17- Nos recentes processos de seleção de projetos (últimos 5 anos) foi utilizado alguma metodologia para avaliar o potencial de geração de novos negócios fomentando o empreendedorismo e o retorno dos investimentos que serão realizados?</p> <p>18- Nos recentes processos de seleção de projetos, foi utilizado alguma metodologia que possibilitasse avaliar o nível da maturidade planejada de inovação de cada uma das propostas?</p> <p>19- Nos processos de seleção de demandas/ideias e de seleção de propostas de projetos a empresa utilizou de alguma metodologia para avaliar o nível de maturidade da ideia/demanda e da proposta de projeto, avaliando a aderência entre os resultados?</p> <p>20- Na sua opinião, ainda no processo de seleção de propostas de projetos de P&amp;D+I, liste outros pontos de melhoria/evolução para que se obtenha propostas de projetos/produtos com alta aderência a ideia/problema/melhoria objeto da chamada pública?</p>
--	--	---

**APÊNDICE B – PROTOCOLO DE PESQUISA 2ª ENTREVISTA**  
**SEMIESTRUTURADA**

Entrevista Semiestruturada Com Gestores do Processo de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P&D+I) na Chesf

**Objetivo Específico Atrelado:** Avaliar os Métodos DRL e TRL para Aplicação no Processo de Gestão de Inovação da Chesf nos Estágios de Captação de Demandas/Ideias e de Seleção de Projetos de P&D+I

<b>PROTOCOLO DE PESQUISA</b>		
<b>TÍTULO</b>	Desenvolvimento de Aplicativo de Suporte a Tomada de Decisão na Gestão da Inovação Resultante da Combinação dos Métodos <i>Technology Readiness Level</i> (TRL) e <i>Demand Readiness Level</i> (DRL): O Estudo de Caso Chesf.	
<b>PERGUNTA DE PESQUISA</b>	Como os métodos DRL e TRL auxiliam no processo de tomada de decisão nos estágios de captação de demandas/ideias e seleção de propostas de projetos de P&D+I para o setor elétrico?	
<b>OBJETIVO GERAL</b>	Desenvolvimento de aplicativo resultado da convergência dos métodos <i>Demand Readiness Levels</i> (DRL), Nível de Maturidade da Demanda e <i>Technology Readiness Levels</i> (TRL), Nível de Maturidade Tecnológica, para uso em empresa do setor elétrico brasileiro como ferramenta de tomada de decisão nos estágios de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I.	
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICO</b>	<b>COBERTURA TEMÁTICA TEÓRICA</b>	<b>QUESTÕES</b>
Avaliar os métodos DRL e TRL para aplicação no processo de gestão de inovação da Chesf nos estágios de captação de demandas/ideias e de seleção de projetos de P&D+I.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nível de Maturidade Tecnológica (<i>Technology Readiness Levels</i> - TRL);</li> <li>- Nível de Maturidade da Demanda (<i>Demand Readiness Levels</i> - DRL).</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Na sua opinião, é importante a inserção de metodologia com diretrizes e métricas para avaliar a aderência da ideia/problema/melhoria com o planejamento empresarial da companhia e com os objetivos do departamento/superintendência?</li> <li>2- Na sua opinião, é importante a inserção de metodologia com diretrizes e métricas para avaliar o nível de caracterização da ideia/problema/melhoria, buscando enriquecer/amadurecer as informações técnicas, administrativas e financeiras/econômicas para formatação da futura chamada pública de seleção de projetos?</li> <li>3- Na sua opinião, é importante diagnosticar o nível de caracterização da ideia/problema/melhoria buscando aferir a sua maturidade frente à existência de recursos internos (HH, Dados, infraestrutura etc.) e de soluções e/ou projetos internos ou externo que viabilizem o desenvolvimento da solução esperada?</li> </ol>

		<p>4- Na sua opinião, é importante diagnosticar o nível de caracterização da ideia/problema/melhoria buscando enriquecer/amadurecer os benefícios e impactos (empresariais, e socioambientais) a serem proporcionados para formatação da futura chamada pública de seleção de projetos?</p> <p>5- Nos últimos processos de seleção de projetos de P&amp;D+I que você participou (últimos 5 anos) foram recebidas propostas que estavam descasadas ou desalinhadas com o nível do produto que está sendo solicitado na chamada pública?</p> <p>6- Você considera importante ser adotado metodologia que busque assegurar um bom ajuste/casamento entre necessidades internas e oferta externa?</p> <p>7- Você considera importante assegurar que o conceito original, da oportunidade que gerou a ideia (da necessidade do cliente) seja mantida como foco na proposta do projeto, e por assim ser, seja revisitada até o final do desenvolvimento?</p> <p>8- Você conhece ou participou do desenvolvimento de projeto de P&amp;D+I que passou por desafios devido ao desalinhamento dos recursos (know-How, equipamentos/materiais, linguagem adotada etc.) com o desafio?</p> <p>9- Você conhece ou participou do desenvolvimento de projeto de P&amp;D+I que infelizmente não conseguiu ser concluído ou não obteve o nível de produto esperado devido o desconhecimento da magnitude do desafio e/ou dificuldade técnica/administrativa não mapeada durante a fase de seleção ou de planejamento?</p> <p>10- Você conhece ou participou do desenvolvimento de projeto de P&amp;D+I em que os custos se elevaram devido falta de maturidade no planejamento ou na formatação da proposta do projeto?</p> <p>11- Considerando que metodologias que buscam avaliar o nível da maturidade seja de um processo, projeto ou produto visam sobretudo, diminuir o risco de insucesso na execução, seja do tipo técnico, de recursos, de cronograma etc., você consideraria um avanço adotar este tipo de metodologia nos processos de seleção de demandas/ideias e seleção de propostas de projetos?</p> <p>12- Você considera importante incluir como critério de seleção de projetos de P&amp;D+I ou de produtos tecnológicos de <i>startups</i> a avaliação do nível de maturidade da proposta de projeto ou que foi alcançado pelo produto?</p>
--	--	--

		<p>13- Você considera importante para o processo de execução dos projetos de P&amp;D+I o acompanhamento da evolução do desenvolvimento do produto através de critérios determinando seu nível de evolução/maturidade?</p> <p>14- Você considera importante o acesso às informações durante o desenvolvimento do projeto, do nível de maturidade alcançado do produto para o processo de tomada de decisão, tanto para abortar projetos como para novos investimentos?</p> <p>15- Dos projetos de P&amp;D+I que participou ou que foi desenvolvido pela sua área ou outras áreas, numa escala de 0 a 5, onde: 0 – nenhum, 1 – um; 2 – dois, 3 – três, 4 – quatro e 5 – acima de quatro, quantos produtos atenderam a expectativa do que foi demandado?</p> <p>16- Dos projetos de P&amp;D+I que participou ou que foi desenvolvido pela sua área ou outras áreas, numa escala de 1 a 5, onde: 0 – nenhum, 1 – um; 2 – dois, 3 – três, 4 – quatro e 5 – acima de quatro, quantos produtos foram devidamente implantados e estão sendo utilizados?</p>
<p>Validar o aplicativo (DRLxTRL) em duas (02) demandas/ideias, duas (02) propostas de projeto de P&amp;D+I e onze (11) produtos tecnológicos desenvolvidos pela Chesf.</p>	<p>Validação.</p>	<p>Para este objetivo específico não é necessário entrevista semiestruturada, uma vez que o objetivo deste é a validação do aplicativo desenvolvido. Ou seja, trata-se de uma atividade prática realizada com os autores das demandas/ideias, e pesquisadores/desenvolvedores dos produtos e gerentes dos projetos de P&amp;D+I, onde a ferramenta desenvolvida será aplicada para avaliar demandas/ideias, propostas de projetos P&amp;D+I e produtos desenvolvidos pela Chesf. O objetivo final deste objetivo é diagnosticar o nível de maturidade tecnológica da demanda/ideia/ e projeto/produto e comparar com o nível de maturidade conhecido pelos respectivos especialistas e com o nível de maturidade preliminar aferido do conhecimento resgatado dos documentos dos respectivos objetos de pesquisa, podendo assim com o resultado e evidências, validar o aplicativo/algoritmo desenvolvido: “DRL x TRL - Setor elétrico V.01”.</p>

**APÊNDICE C – MINUTA E-MAIL ENVIADO AOS ENTREVISTADOS**

Prezado(a).....bom dia.

Gostaria de convidá-lo(a) a participar da pesquisa “Desenvolvimento de Aplicativo de Suporte a Tomada de Decisão na Gestão da Inovação Resultante da Combinação dos Métodos *Technology Readiness Level* (TRL) e *Demand Readiness Level* (DRL): O Estudo de Caso Chesf”, de responsabilidade do pesquisador Willian Ramires Pires Bezerra, mestrando do Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação, vinculado ao Centro de Ciências Sociais Aplicadas (CCSA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), que tem como objetivo o desenvolvimento de aplicativo resultado da convergência dos métodos *Demand Readiness Levels* (DRL) e *Technology Readiness Levels* (TRL), para uso em empresa do setor elétrico brasileiro como ferramenta de tomada de decisão nos estágios de seleção de demandas/ideias e de propostas de P&D+I.

Entre os benefícios principais desta pesquisa para a Chesf citamos: i) elevar os indicadores de êxito de seleção de projetos aderentes ao planejamento estratégico da empresa e aderente as expectativas, benefícios e objetivos traçados na ideia/demanda; ii) elevar o número de incorporação de tecnologias e processos inovadores desenvolvidos a partir do investimento de P&D+I; iii) elevar o número de pedidos de patente, de modelo de utilidade, de registro de software, marcas e principalmente o número de transferências de tecnologia ao mercado através do licenciamento tecnológico à parceiros, proporcionando retornos econômicos ou financeiros adicionais; iv) enriquecer o conhecimento sobre os métodos DRL e TRL e sua aplicação no processo de gestão da inovação, possibilitando novos desenvolvimentos, adaptações e aplicações nos diversos segmentos e linhas de pesquisa, bem como nos demais ambientes empresariais.

Neste sentido, gostaríamos de realizar entrevista semiestruturada, com previsão de ser executada em 1h e 30 minutos, via TEAMS, na próxima quarta-feira, 04/08, as 09:00. A entrevista terá como foco entender o processo atual da Chesf de seleção de ideias/problemas/oportunidade de melhoria e da seleção de propostas de projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. Será realizado também um rápido nivelamento sobre o foco de pesquisa e desenvolvimento do produto do mestrado “Desenvolvimento de aplicativo resultado da convergência dos métodos *Demand Readiness Levels* (DRL), *Nível de Maturidade da Demanda* e *Technology Readiness Levels* (TRL), *Nível de Maturidade Tecnológica*, para uso

em empresa do setor elétrico brasileiro como ferramenta de tomada de decisão nos estágios de seleção de demandas/ideias e de propostas de projetos de P&D+I”.

Informamos que, sua identidade será mantida sob total sigilo, portanto nos materiais que serão elaborados sua identidade não será identificada. Adicionalmente informamos que todas as respostas e informações prestadas irão ser utilizadas unicamente como objeto para o desenvolvimento do objetivo da pesquisa. Ademais, a participação nesta pesquisa é voluntária e não haverá nenhuma despesa ou remuneração resultante dela.

Atenciosamente,

Willian Ramires Pires Bezerra  
Pesquisador Discente

Dr. Nelson da Cruz Monteiro Fernandes  
Orientador – Professor CCSA-UFPE

## APÊNDICE D – IDEF0 (*INTEGRATION DEFINITION FOR FUNCTION MODELLING*)

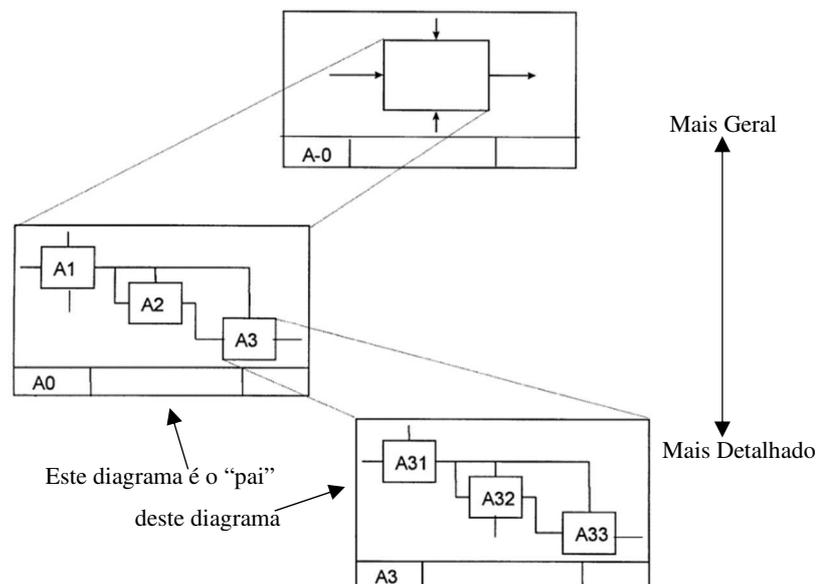
A força aérea americana vendo o potencial do SADT (*Structured Analysis and Design Technique*), método de modelagem gráfica desenvolvido por Douglas T. Ross (ROSS, 1977; ROSS; SCHOMAN, 1977) buscou evolui-lo para utilização em seu programa ICAM (*Integrated Computer Aided Manufacturing*) com a finalidade de aumentar a produtividade do processo de fabricação de sistemas computacionais (ISO; IEC; IEEE, 2012). Dentro do programa ICAM, foi desenvolvido uma série de metodologias de modelagem IDEF (*Integrated DEFinition Methods*) que hoje são amplamente utilizados no governo, indústrias e comércio americano, sendo o IDEF0 o método de modelagem de função preferido de um grande número de organizações militares e não militares na América do Norte e na Europa (ISO; IEC; IEEE, 2012):

- a) IDEF0, usado para produzir um modelo de função. Um modelo de função é uma representação estruturada das funções dentro de um sistema ou área de assunto.
- b) IDEF1, usado para produzir um modelo de informação. Um modelo de informações representa a estrutura e a semântica das informações em um sistema ou área de assunto.
- c) IDEF2, usado para produzir um modelo de dinâmica. Um modelo dinâmico representa o comportamento de um sistema ou área de assunto, conforme varia ao longo do tempo (ISO; IEC; IEEE, 2012, tradução nossa).

Conforme ISO; IEC; IEEE, (2012), o método IDEF0 foi projetado para representar as decisões, ações e atividades de uma organização ou de um sistema em potencial ou existente. Trata-se de um método poderoso, eficaz e abrangente para desenvolver modelos e para modelagem de uma ampla variedade de sistemas. Este método ainda prescreve procedimentos e técnicas para desenvolver e integrar modelos, inclusive para coleta de dados, construção de diagramas, ciclos de revisão/atualização e elaboração de documentação (ISO; IEC; IEEE, 2012). O principal componente do IDEF0 é a linguagem gráfica cujo objetivo é o de transmitir informações para a realização das atividades de desenvolvimento de maneira hierárquica (Figura 29). O modelo IDEF0 costuma ser utilizado como uma das primeiras tarefas do esforço de desenvolvimento de um sistema (KIM; JANG, 2002). Conforme ISO; IEC; IEEE, (2012, p. iv):

Para novos sistemas, IDEF0 pode ser usado primeiramente para definir requisitos e especificar funções a serem realizadas pelo futuro sistema. Como base nessa arquitetura, IDEF0 pode então ser usado para projetar uma implementação que atenda a esses requisitos e execute essas funções. Para sistemas existentes, IDEF0 pode ser usado para analisar as funções que o sistema executa e para registrar os meios pelos quais elas são executadas tempo (ISO; IEC; IEEE, 2012, tradução nossa).

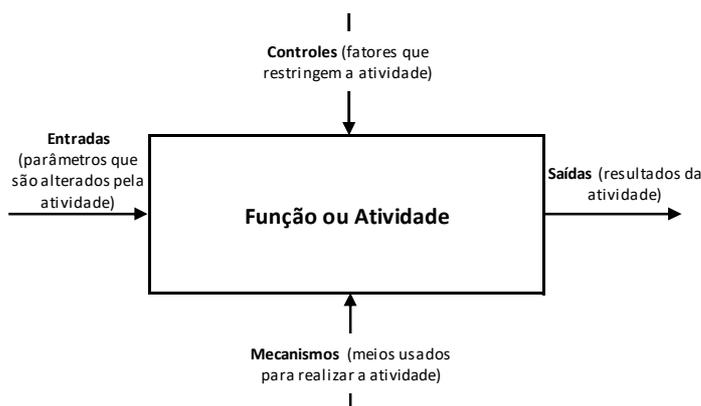
**Figura 29 Decomposição Hierárquica Método IDEF0.**



Fonte: Adaptado de Kim; Jang, 2002.

Abaixo na Figura 30 temos a representação da sintaxe simples do componente principal da representação gráfica do IDEF0, o bloco de atividade. As entradas estão identificadas do lado esquerdo do quadro com as setas entrando no bloco de controle da atividade. A saída ou o resultando da atividade está identificada com a seta saindo a direita do bloco. Na parte superior estão as entradas dos controles e na parte inferior com setas entrando no bloco estão os mecanismos, ou seja, em resumos temos *Inputs*, *Controls*, *Outputs* e *Mechanisms* – ICOMs (ISO; IEC; IEEE, 2012).

**Figura 30 Sintaxe IDEF0.**

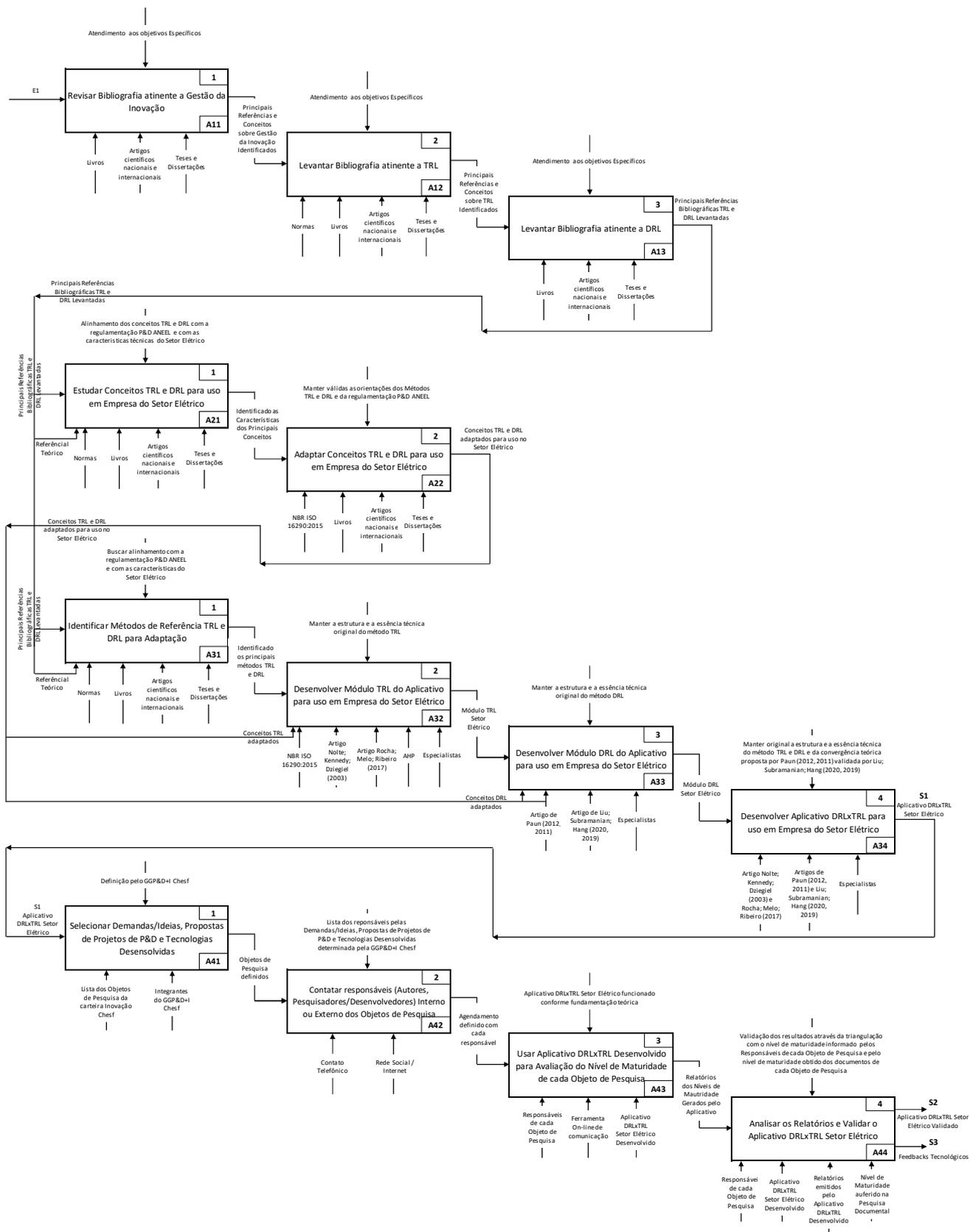


Fonte: Adaptado de Kim; Jang, 2002.

ISO; IEC; IEEE, (2012) relaciona as principais características do método IDEF0, as quais além das características anteriores, conduziram na escolha do referido método para condução do desenvolvimento do Aplicativo DRLxTRL Setor Elétrico:

- i) É abrangente e expressivo, capaz de representar graficamente uma ampla variedade de negócios, manufatura e outros tipos de operações empresariais em qualquer nível de detalhe; ii) É uma linguagem coerente e simples, permitindo uma expressão rigorosa e precisa, promovendo consistência de uso e interpretação; iii) Melhora a comunicação entre analistas, arquitetos, desenvolvedores, gerentes e usuários por ser de fácil aprendizagem e sua ênfase na exposição hierárquica de detalhes; iv) Foi testado e comprovado ao longo de muitos anos de uso pela Força USAir e outras agências governamentais e pela indústria privada; v) Pode ser gerado por uma variedade de ferramentas baseadas em computador; vários produtos comerciais suportam especificamente o desenvolvimento e a análise de diagramas e modelos IDEF0 (ISO; IEC; IEEE, 2012, tradução nossa).

## APÊNDICE E – DESIGN GRÁFICO COMPLETO IDEF0 UTILIZADO PARA O DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO DRLXTRL SETOR ELÉTRICO V.01



## APÊNDICE F – AHP (*ANALYTIC HIERARCHY PROCESS*)

O método AHP, método de análise hierárquica, surgiu em meados da década de 70, idealizado por Thomas L. Saaty, e se difundiu com um dos métodos mais usados no processo de tomada de decisão em ambientes de elevada complexidade que envolva a priorização de diversas variáveis ou critérios (BAINHA; VIANNA; MEZA, 2018; RIBEIRO; ALVES, 2016; DIAS et al., 2012; VARGAS, 2010; COSTA et al., 2007). Ademais, o mesmo foi concebido para lidar com problemas que envolvam desde valores tangíveis como intangíveis, tendo a capacidade de traduzir em números variáveis qualitativas a partir dos julgamentos subjetivos emitidos pelos decisores, ou seja, o método AHP nos proporciona um modelo de apoio a tomada de decisão com uma estrutura que possibilita o enfrentamento do contexto subjetivo (RIBEIRO; ALVES, 2016; VARGAS, 2010; SAATY; SAGIR, 2009; SAATY, 2008, 1990, 1988).

Em resumo, a teoria de análise hierárquica tem como ideia central a redução de sistemas complexos de várias variáveis tangíveis ou intangíveis a uma sequência de comparações qualitativas e/ou quantitativas entre pares, de forma hierarquizada, formando uma matriz quadrada o qual resultará na priorização dos critérios/variáveis através do cálculo dos respectivos pesos validados através do cálculo do índice de consistência e da respectiva razão de consistência (RIBEIRO; ALVES, 2016; VARGAS, 2010; SAATY; SAGIR, 2009; SAATY, 2008, 1990, 1988; TRIANTAPHYLLOU; MANN, 1995).

O processo de aplicação do método consiste primeiramente na hierarquização dos critérios/variáveis. Na Figura 31 é apresentada a árvore hierárquica exemplificada por Saaty (1990) onde observa-se a identificação dos critérios e/ou variáveis bem como as comparações entre pares. O exemplo traz a modelagem de um processo de tomada de decisão para escolha de uma casa, a qual precisa atender os critérios: tamanho da casa, transporte, vizinhança, idade da casa, área de jardins, instalações modernas, condições gerais e financiamento.

A partir da construção da árvore lógica hierarquizada inicia-se o processo de comparabilidade entre os pares de critérios/atividades/variáveis, sempre em um mesmo nível hierárquico e tomando como referência o atendimento do critério principal. No processo de comparação deve ser aplicando a escala definida por seu idealizador (SAATY, 1991, 1988) conforme Quadro 36. O decisor ou especialista irá a partir da sua experiência, intuição e/ou conhecimento científico sobre o problema atribuir os respectivos valores numéricos absolutos definidos por Saaty (1990, 1988).

**Figura 31** Decomposição do problema em hierarquia



Fonte: Adaptado de SAATY (1990).

O Quadro 36 possui quatro colunas onde na primeira coluna observa-se a diferenciação entre os graus de importância para a comparabilidade entre os pares. A segunda coluna é definida a escala principal com os valores que devem ser atribuídos às comparações absolutas. A terceira coluna traz o valor que deve ser atribuído à comparação recíproca e a quarta coluna traz um comentário referente ao grau de importância e o quesito de comparabilidade correspondente.

**Quadro 36** A Escala Fundamental AHP.

Definição	Intensidade de importância em escala absoluta	Recíproco	Comentário
Igual Importância	1	1	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
Importância moderada de um sobre o outro	3	1/3	A experiência e/ou julgamento favorecem moderadamente uma atividade em detrimento de outra.
Importância essencial ou forte	5	1/5	A experiência e/ou julgamento favorecem fortemente uma atividade em detrimento de outra.
Importância muito forte	7	1/7	Uma atividade é fortemente favorecida e seu domínio demonstrado na prática.
Importância extrema	9	1/9	A evidência favorece uma atividade em detrimento de outra com mais alto grau de certeza.
Valores intermediários entre os dois julgamentos adjacentes	2, 4, 6, 8	1/2, 1/4, 1/6, 1/8	Quando se procura a diferenciação entre duas definições.

Fonte: Adaptado de SAATY (1990, 1988).

As decisões dos especialistas são agrupadas em uma matriz quadrada conforme Saaty (1990) exemplificado no Quadro 37. Neste exemplo foi utilizado apenas quatro critérios para facilitar o entendimento do funcionamento do método AHP. De posse dos valores definidos no

Quadro 36 é realizado a comparabilidade entre os critérios inserindo os respectivos valores absolutos resultantes do grau de importância assumido pelo decisor ou especialista. Os julgamentos são realizados comparando o elemento linha aos respectivos pares nas colunas. Observe que a primeira comparação entre o Critério A versus o Critério B: o Critério A é três (3) vezes mais importante que o Critério B, e a comparação contrária, ou seja, Critério B versus Critério A gera seu valor recíproco 1/3.

**Quadro 37 Matriz Quadrada de julgamento**

	Critério A	Critério B	Critério C	Critério D
Critério A	1	3	6	7
Critério B	1/3	1	4	6
Critério C	1/6	1/4	1	4
Critério D	1/7	1/6	1/4	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi destacado na matriz quadrada sua diagonal principal. Note que os valores são unitários, pois quando temos a comparabilidade de um critério sobre ele próprio o valor conforme Saaty (1990, 1988) deve ser unitário. Destaca-se neste exemplo os valores principais absolutos inseridos acima da diagonal principal e abaixo da diagonal principal os respectivos recíprocos.

A partir do preenchimento da matriz quadrada de comparabilidade é realizado os respectivos cálculos dos pesos, do índice de consistência e da razão de consistência. Conforme Saaty (2008, 1990, 1988) e Triantaphyllou; Mann (1995), primeiramente deve-se calcular o autovetor principal da matriz “*Eigenvector*” através da média geométrica de cada linha da matriz. Ou seja, os elementos em cada linha são multiplicados uns com os outros e, em seguida, a enésima (n) raiz é obtida (onde n é o número de elementos na linha). Após este cálculo os valores devem ser normalizados dividindo-os pela soma de todos os “*Eigenvector*”, gerando os valores “*Eigenvector Normalizado*” que são os valores dos respectivos pesos dos critérios/variáveis sob avaliação (VARGAS, 2010; SAATY, 2008, 1990, 1988; TRIANTAPHYLLOU; MANN, 1995). O somatório dos valores “*Eigenvector normalizado*” deve resultar na unidade, validando o cálculo. No Quadro 38 é apresentado os cálculos para o exemplo.

Quadro 38 Matriz Quadrada de julgamento com Eigenvector Normalizado

	Critério A	Critério B	Critério C	Critério D	Eigenvector	Eigenvector Normalizado (Pesos)
Critério A	1	3	6	7	3,3504	0,5632
Critério B	1/3	1	4	6	1,6818	0,2827
Critério C	1/6	1/4	1	4	0,6389	0,1074
Critério D	1/7	1/6	1/4	1	0,2778	0,0467
SOMA	<b>1,6429</b>	<b>4,4167</b>	<b>11,2500</b>	<b>18,0000</b>	<b>5,9489</b>	<b>1,0000</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após o cálculo do *Eigenvector Normalizado* o qual representa os pesos de cada critérios/variável é necessário realizar o cálculo do índice de consistência e da razão de consistência. Conforme Saaty (2008, 1990) uma matriz apresenta valores consistentes quando seu *Eigenvector Normalizado* Máximo ( $\lambda_{max}$ ) não é distante da ordem da matriz, ou seja, o valor de  $\lambda_{max}$  se aproxima ou é igual a “n”, sendo igual a “n” a matriz seria plenamente consistente. Todavia Saaty (1990, 1988) conclui que normalmente durante o processo de julgamento pelo decisor/especialista ocorre algumas inconsistências, desta forma quanto mais  $\lambda_{max}$  se aproximar de “n” maior a consistência dos dados da matriz.

O valor de *Eigenvector Normalizado* Máximo ( $\lambda_{max}$ ) é calculado através do somatório do produto de cada elemento do vetor *Eigenvector Normalizado* (pesos) pelo total da respectiva coluna de cada critério da matriz quadrada de comparabilidade original (VARGAS, 2010; SAATY, 1990; TRIANTAPHYLLOU; MANN, 1995).

Após o cálculo de  $\lambda_{max}$  calcula-se o valor do índice de consistência (IC) conforme equação (01) a seguir (VARGAS, 2010; SAATY, 1990; TRIANTAPHYLLOU; MANN, 1995):

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (01)$$

onde  $\lambda_{max}$  é o *Eigenvector Normalizado* Máximo e  $n$  é a ordem da matriz ou o número de critérios/variáveis avaliadas.

Conforme Saaty (1990), uma matriz só pode ser considerada consistente se sua Razão de Consistência (RC) for menor que 10%. RC é calculado pela divisão do IC pelo Índice de Consistência Aleatória (RI), valores tabelados calculado pelo Laboratório Nacional de Oak Ridge, nos EUA, ver Tabela 6 (RIBEIRO; ALVES, 2016; LIMA et al. 2015; VARGAS, 2010; TRIANTAPHYLLOU; MANN, 1995).

$$RC = (IC / RI) \quad (02)$$

Tabela 6 Valores de RI para diferentes valores de n.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: adaptado de Ribeiro; Alves, (2016); Lima et al.(2015); VARGAS, (2010) e Triantaphyllou; Mann, (1995).

Para o exemplo do Quadro 38, aplicando (01) e (02) calculemos RC:

$$IC = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1);$$

$$\lambda_{\max} = (0,5632 * 1,6429 + 0,2827 * 4,4167 + 0,1074 * 11,25 + 0,0467 * 18,00);$$

$$\lambda_{\max} = 4,2226.$$

$$IC = (4,2226 - 4) / (4 - 1).$$

$$IC = 0,07421$$

$$RC = IC / RI = (0,07421 / 0,9).$$

$$RC = 0,0825 = 8,25\% < 10\%.$$

O RC alcançado de 8,25% prova que os dados inseridos na matriz são consistentes e que os pesos calculados para cada um dos critérios/variáveis são válidos e refletem as avaliações realizadas.