

Sistema FIEB



PELO FUTURO DA INOVAÇÃO

**CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM COMPUTACIONAL
E TECNOLOGIA INDUSTRIAL**

ROSANA VIEIRA ALBUQUERQUE

**MODELO PARA SELEÇÃO DE PROJETOS EM GESTÃO DE PORTFÓLIO DE
INOVAÇÃO UTILIZANDO *ANALYTIC NETWORK PROCESS* E UM ALGORITMO
DE APRENDIZAGEM DE MÁQUINA COM REGRESSÃO LOGÍSTICA**

Orientador: Prof. Dr. Valter de Senna
Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Figueiredo

Salvador

2021

ROSANA VIEIRA ALBUQUERQUE

**MODELO PARA SELEÇÃO DE PROJETOS EM GESTÃO DE PORTFÓLIO DE
INOVAÇÃO UTILIZANDO *ANALYTIC NETWORK PROCESS* E UM ALGORITMO
DE APRENDIZADO DE MÁQUINA COM REGRESSÃO LOGÍSTICA**

Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, no Curso de Doutorado MCTI do Centro Universitário SENAI CIMATEC, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Valter de Senna

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Figueiredo

Salvador

2021

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário SENAI CIMATEC

A345m Albuquerque, Rosana Vieira

Modelo para seleção de projetos em gestão de portfólio de inovação utilizando analytic network process e um algoritmo de aprendizagem de máquina com regressão logística / Rosana Vieira Albuquerque. – Salvador, 2021.

145 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Valter de Senna.

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Soares Figueiredo.

Tese (Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial) – Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2021.

Inclui referências.

1. Gestão de Portfólio de Projetos. 2. Aprendizado de Máquina. 3. Métodos de apoio a decisão. 4. Analytic Network Process. I. Centro Universitário SENAI CIMATEC. II. Senna, Valter de. III. Figueiredo, Paulo Soares. IV. Título.

CDD 658.4062

Sistema FIEB



PELO FUTURO DA INOVAÇÃO

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, leu e aprovou a Tese de doutorado, intitulada **"MODELO PARA SELEÇÃO DE PROJETOS EM GESTÃO DE PORTFÓLIO DE INOVAÇÃO UTILIZANDO ANALYTIC NETWORK PROCESS E ALGORITMO MACHINE LEARNING COM REGRESSÃO LOGÍSTICA"**, apresentada no dia 31 de março de 2021, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Doutor em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial.

Digitally signed by: Valter de Senna
Date and time: 4/7/2021 9:46:43 PM

Orientador: Prof. Dr. Valter de Senna
SENAI CIMATEC

Assinado digitalmente por: Paulo Soares Figueiredo
O tempo: 05-04-2021 08:17:58

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Soares Figueiredo
UFBA

RENELSON RIBEIRO
SAMPAIO:01905120591

Assinado de forma digital por RENELSON
RIBEIRO SAMPAIO:01905120591 Dados:
2021.04.04 14:38:54 -03'00'

Membro Interno: Prof. Dr. Renelson Ribeiro Sampaio
SENAI CIMATEC

Membro Interno: Prof. Dr. Marcelo Albano Moret Simões Gonçalves
SENAI CIMATEC

Membro Externo: Prof.ª Dr.ª Elisabeth Regina Lioila da Cruz Souza
UFBA

Membro Externo: Prof. Dr. Felipe Tumenas Marques
UFBA

EPIGRAFE

“Toda decisão acertada é proveniente de experiência.
E toda experiência é proveniente de uma decisão não acertada.”

Albert Einstein

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AHP	Analytic Hierarchy Process
AMD	Análise multicritério de auxílio à decisão
ANN	Artificial Neural Network
ANP	Analytic Network Process
API	Application Programming Interface
CNI	Confederação Nacional das Indústrias
DEA	Data Envelopment Analysis
DEMATEL	Decision making trial and evaluation laboratory
DN	Departamento Nacional
EII	Edital de Inovação para a Indústria
ELECTRE	Elimination et Choix Traduisant la Réalité
GFP	Gestão do Funil de Projetos
IA	Inteligência Artificial
IC	Índice de Consistência
ICT	Instituições de Ciência, Tecnologia e Inovação
IJAHP	International Journal of the Analytic Hierarchy Process
IoT	Internet of Things
IR	Índice de Consistência Randômico
MAUT	Teoria da Utilidade Multiatributo
MCDA	Multicriteria Decision Aiding
MCDM	Multi-Criteria Decision Methods
MCTI	Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial
ML	Machine Learning
NSGA-II	Non-dominated sorting genetic algorithm II
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PDA	Portfolio Decision Analysis
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PMI	Project Management Institute
PPM	Project Portfolio Management
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS (continuação)

REST	REpresentational State Transfer
RC	Razão de Consistência
SciELO	Scientific Eletronic Library Online
SEBRAE	Serviço de Apoio à Micro e Pequena Empresa
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SESI	Serviço Social da Indústria
SNI	Sistema Nacional de Inovação
SOBRAPO	Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional
SWARA	Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis
TIR	Taxa Interna de Retorno
TODIM	Tomada de Decisão Interativa Multicritério
TOPSIS	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
VIKOR	VIseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (Multicriteria Optimization and Compromise Solution)
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

I. APRESENTAÇÃO DA TESE	8
II. ARTIGO 1 – MÉTODOS DE APOIO À DECISÃO APLICADOS EM PPM – UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	16
1. INTRODUÇÃO	19
2. METODOLOGIA	21
3. REVISÃO DE LITERATURA	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5. CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS	62
III. ARTIGO 2 – MODELO PARA SELEÇÃO DE PROJETOS UTILIZANDO ANP E ALGORITMO <i>MACHINE LEARNING</i> COM REGRESSÃO LOGÍSTICA	65
1. INTRODUÇÃO	68
2. REVISÃO DE LITERATURA	76
3. METODOLOGIA.....	87
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	92
5. CONCLUSÃO	129
REFERÊNCIAS	132
IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE	135
APÊNDICES	136
APÊNDICE I – AVAL DA ICT PARA REALIZAÇÃO DA PESQUISA.....	136
APÊNDICE II – CARTA DE APRESENTAÇÃO DA PESQUISA	137
APÊNDICE III – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	138
APÊNDICE IV – ROTEIRO DE ENTREVISTA DO PROCESSO ATUAL DA ICT	139
APÊNDICE V – ROTEIRO DE ENTREVISTA DE AVALIAÇÃO DO MODELO	141
APÊNDICE VI – ALGORITMO <i>MACHINE LEARNING</i> COMENTADO	142
APÊNDICE VII – MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR DOS CRITÉRIOS.....	144

I. APRESENTAÇÃO DA TESE

1. INTRODUÇÃO

A NBR 14724 da ABNT (2011, p. 2, 4) define que “a tese é o [...] documento que apresenta o resultado de um trabalho experimental ou exposição de estudo científico de tema único e bem delimitado. Deve ser elaborado com base em investigação original, constituindo-se em real contribuição para a especialidade em questão. ”

Neste sentido, esta tese reflete sobre o atual contexto contemporâneo, em um cenário de crescente competitividade, onde as empresas vêm empreendendo múltiplos projetos de inovação com emprego de alta tecnologia e grande quantidade de recursos alocados. E está delimitada no âmbito da gestão de portfólios de projetos de novos produtos, ou *Project Portfolio Management* (PPM), onde o principal tema é sobre as escolhas estratégicas para a alocação correta e equilibrada dos recursos disponíveis (COOPER, 2000), de forma a trazer o retorno do investimento e os benefícios esperados, e assim se obter vantagem competitiva.

Esta tese busca responder à pergunta geral: Como aprimorar o processo decisório da escolha sobre em quais projetos de inovação investir para se obter os melhores resultados estratégicos? Conforme será demonstrado nos artigos a seguir, destaca-se neste campo, como principal tema de estudo e considerado de fundamental importância, o processo decisório de seleção e priorização dos projetos de uma instituição, seja ela de pesquisa, inovação ou uma empresa industrial.

Como objeto representativo deste processo, esta pesquisa selecionou como caso de estudo o Edital de Inovação para a Indústria, exemplo de implementação do processo de seleção e priorização de projetos de inovação. Iniciativa que envolve recursos do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e o Serviço Social da Indústria (SESI), que desde 2004 já apoiou mais de 650 instituições e atualmente busca investir mais de R\$ 53 mi em desenvolvimento de projetos inovadores em empresas industriais e startups de base tecnológica (CNI, 2020).

Nesse contexto, esta tese teve como objetivo desenvolver um modelo gerencial para a Gestão de Portfólios do Edital do objeto de estudo que incorpora um método de análise multicritério em gestão de portfólio de projetos de inovação, visando aperfeiçoar o processo decisório sobre em quais projetos investir os recursos disponíveis, tendo como justificativa atender principalmente às seguintes necessidades identificadas: 1 - redução da subjetividade

dos decisores na avaliação e no julgamento dos projetos de inovação; e 2 - otimização do resultado estratégico (balanceamento das variáveis de decisão) a ser alcançado pelo portfólio com projetos selecionados.

Para alcançar os resultados, foi adotada uma metodologia com diferentes tipos de pesquisa, e diversos materiais e métodos, conforme apresentado a seguir e também detalhado no corpo dos artigos que compõem esta tese.

2. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Para realização desta pesquisa, foi selecionada uma ICT com grande quantidade de recursos alocados em projetos de inovação com emprego de alta tecnologia, e com grande importância no mercado nacional industrial, o SENAI.

Segundo Yin (2001), os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo “como” e “porque”, que são questões mais explanatórias, também quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco é sobre eventos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.

O objeto de estudo para o desenvolvimento e avaliação da solução proposta por esta pesquisa é o conjunto de projetos do Edital de Inovação para a Indústria (EII), escolhido pela sua representatividade nacional como uma das principais iniciativas de fomento à inovação para aumento da competitividade da indústria brasileira, financiando o desenvolvimento de produtos, processos e serviços inovadores com expressivo aporte de recursos financeiros e por implementar o processo de seleção e priorização de projeto há mais de 10 anos e pela sua representatividade, dado o volume dos recursos aportados em portfólios de inovação.

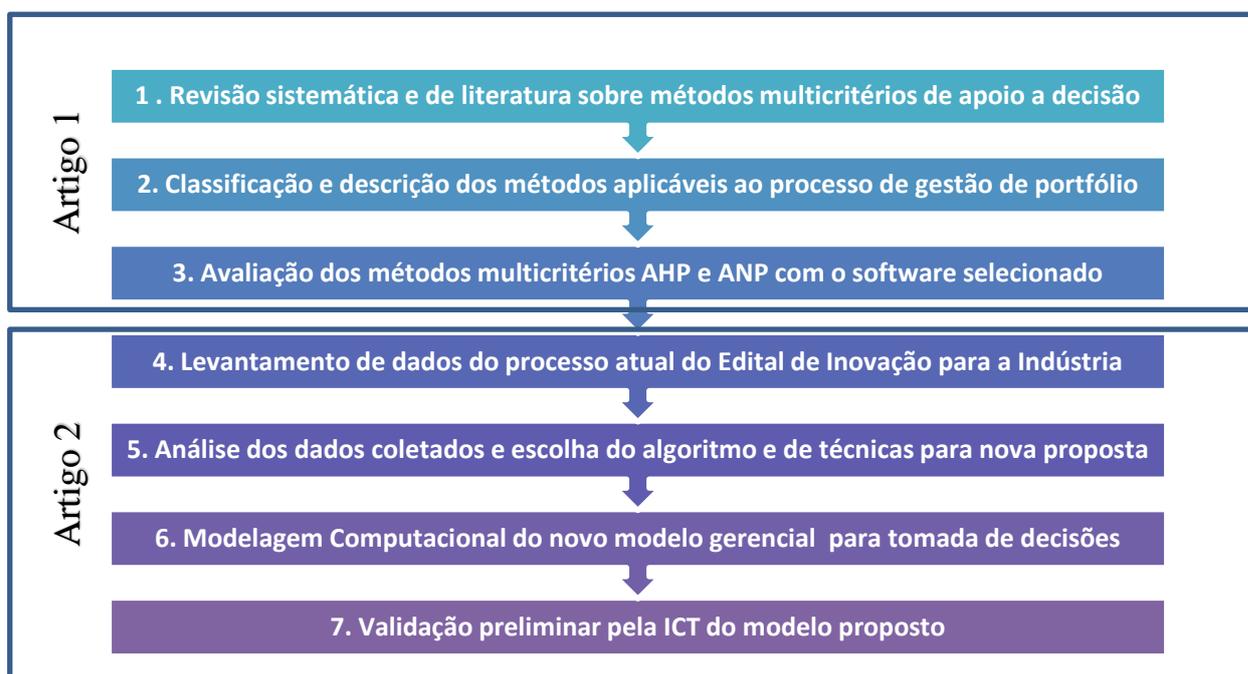
Por meio do estudo do caso (SENAI), foi examinado o processo atual e desenvolvida uma proposta de implantação na categoria C do EII, visando a possibilidade de uma validação preliminar do modelo gerencial proposto para o processo de seleção e priorização de projetos.

Esta é uma pesquisa exploratória, do tipo empírico-analítica, baseada em uma revisão de literatura sobre os métodos de apoio a decisão, apresentada no Artigo 1, com foco nos métodos de apoio a decisão multicritério, como o *Analytic Network Process (ANP)*, além dos temas ligados à gestão de portfólio de inovação, algoritmos de aprendizagem de máquina e regressão logística, buscando embasar a construção de um modelo gerencial para seleção e priorização de projetos de inovação, utilizando um método multicritério através da modelagem computacional em um software selecionado e um algoritmo de aprendizado de máquina.

3. ETAPAS METODOLÓGICAS

Para alcance do objetivo geral desta pesquisa, as atividades foram desenvolvidas ao longo de três grandes fases da metodologia: coleta e análise dos dados, desenvolvimento da solução e validação do modelo com avaliação dos resultados, descritos abaixo, e os resultados que respondem aos objetivos específicos são apresentados em dois artigos que compõem esta tese. Na Figura 1 abaixo temos as seguintes etapas metodológicas definidas:

Figura 1. Etapas da pesquisa



Fonte: Elaboração própria, 2018.

O desenvolvimento da pesquisa contemplou assim diversas atividades organizadas nestas etapas, para cada uma das fases da metodologia da pesquisa, conforme descrito a seguir e detalhadas posteriormente em cada artigo.

3.1 Fase de coleta e análise de dados

1. Revisão sistemática e de literatura para investigar os métodos multicritérios de apoio à decisão aplicáveis à seleção e priorização de projetos de inovação no âmbito da gestão de portfólio, e embasar a estrutura do modelo a ser proposto e das variáveis de decisão (etapa realizada no Artigo 1);

2. Classificação e descrição das características dos métodos, com base em revisão de literatura, descrevendo as premissas, etapas de implementação, técnicas e softwares, dos principais métodos aplicáveis ao processo de gestão de portfólio de inovação;
3. Avaliação do método multicritério AHP e ANP, buscando justificar, com base na revisão sistemática e de literatura, como melhor escolha para aplicação no objeto de estudo (etapa realizada no Artigo 1);
4. Levantamento de dados do processo atual de gestão do Edital de Inovação para a indústria da ICT selecionada (SENAI), avaliando a situação real e identificando as oportunidades de melhoria com o novo método.

3.2 Fase de desenvolvimento da solução proposta

5. Análise dos dados coletados do portfólio dos projetos de inovação apoiados pela ICT selecionada (SENAI), considerando a avaliação dos critérios de seleção em um ambiente complexo de tomada de decisões, e conforme conclusão do Artigo 1.
6. Construção de um novo modelo gerencial proposto para o processo de seleção e priorização de projetos de Inovação, utilizando a modelagem computacional para entendimento desse sistema real, e principalmente para criação do modelo proposto, que contemple, com base em revisão teórica, a aplicação de um algoritmo com um método estatístico aplicável a este objeto de estudo, que permita maior robustez ao modelo proposto com o aproveitamento da experiência gerencial em processos similares anteriores.

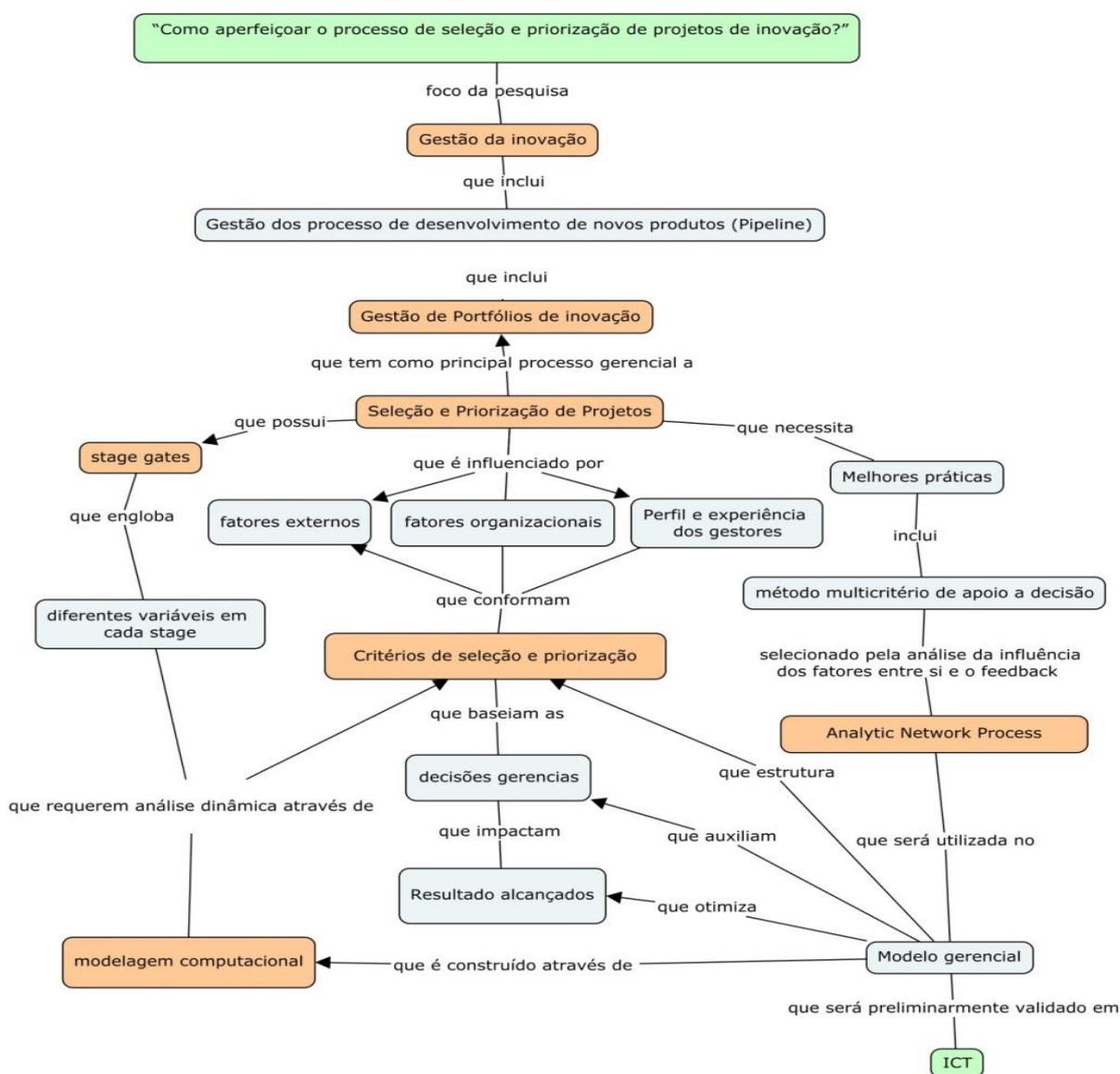
3.3 Fase de avaliação do modelo junto à ICT

7. Avaliação preliminar do modelo proposto, com base em dados do processo de seleção e priorização de projetos de inovação na ICT selecionada (SENAI), visando comparar o processo decisório atual com a utilização do modelo proposto e os resultados alcançados na modelagem computacional, além de conhecer os ajustes necessários e as potencialidades de replicação do modelo gerencial.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

Para a realização desta pesquisa, foram utilizados diferentes materiais, métodos e técnicas, considerando cada fase da pesquisa e a categoria pré-selecionada (Categoria C) do EII (objeto do estudo), contemplando assim as suas especificidades. As categorias teóricas da pesquisa, identificadas a partir da pergunta de pesquisa, estão organizadas no mapa conceitual apresentado na Figura 2 a seguir.

Figura 2. Mapa conceitual da pesquisa.



Elaboração própria, 2017.

Segundo Cañas et al (2004), os mapas conceituais são resultados da pesquisa de Novak e Gowin em 1984 sobre a construção do aprendizado e do conhecimento humano, onde eles propuseram que os conceitos são elementos primários do conhecimento e as proposições são relacionamentos existentes entre os conceitos. As proposições representam assim uma relação de ligação, formando uma unidade semântica entre dois ou mais conceitos.

O mapa conceitual da pesquisa apresentado na Figura 2 acima, construído com auxílio do software CmapTools, organiza o referencial teórico da pesquisa através da modelagem da *'big picture'* formada pelos conceitos e suas interrelações, e permite uma melhor compreensão da contribuição de cada tema no conjunto necessário para responder à pergunta de pesquisa.

Assim, foi possível delimitar e comunicar claramente o escopo da pesquisa, necessário para focar o esforço necessário para seu desenvolvimento, englobando somente aquilo que é essencial para o entendimento do problema e para a solução a ser desenvolvida.

Assim, os instrumentos foram definidos e detalhados em cada artigo conforme os objetivos específicos e ambos trazem uma ampla revisão de literatura na finalidade de cada fase da pesquisa, englobando na fase da coleta de dados: a Pesquisa Bibliográfica, a Pesquisa Documental e a Pesquisa de Campo, conforme será detalhado nos artigos.

5. ESTRUTURA DA TESE

Os temas foram abordados nesta tese na seção de Revisão de Literatura, de forma distribuídas entre os dois artigos da seguinte forma:

- a) Artigo 1 – escopo temático contemplando os temas Gestão de Portfólio de Projetos de Inovação, incluindo o processo de seleção e priorização de projetos ao longo dos *stage-gates*, e estudos dos métodos multicritérios de apoio a decisão, incluindo o ANP, fundamentada por meio da revisão sistemática apresentada;
- b) Artigo 2 – escopo temático contemplando modelagem computacional e as ferramentas e técnicas aplicadas no modelo proposto, como o algoritmo de aprendizado de máquina e a técnica estatística de regressão logística, com base em estudo de caso da ICT (SENAI).

A tese central desta pesquisa de doutorado em modelagem computacional e tecnologia industrial (MCTI) sustenta que é possível aprimorar o processo decisório de seleção e

priorização de projetos através da modelagem computacional, por meio da adoção de um método multicritério de apoio à decisão e de um algoritmo de aprendizado de máquina com regressão logística, que possibilitará incorporar a experiência empresarial em seleções anteriores, reduzindo a subjetividade no julgamento dos projetos e otimizar o resultado estratégico, dentre outras contribuições da pesquisa.

Esta tese de doutorado pretendeu inicialmente ser desenvolvida no modelo *'The three papers PhD thesis'* (AUEB, 2003), onde cada artigo que compõe a tese traz resultados parciais obtidos nas etapas metodológicas previstas. Entretanto, com o desenvolvimento da pesquisa, decidiu-se em conjunto com os orientadores pela consolidação da análise crítica do processo atual no mesmo artigo do modelo gerencial proposto, ficando assim estruturados e distribuídos em 4 partes, sendo esta primeira:

1. Apresentação da tese – contempla visão geral da pesquisa com a Introdução, a abordagem metodológica, as etapas metodológicas, o referencial teórico, a estrutura da tese e os benefícios esperados;
2. Artigo 1 – que traz uma Revisão Sistemática dos métodos multicritérios de apoio à decisão, justificando a escolha de um dos métodos para desenvolvimento do modelo proposto. Já publicado em dezembro/2020 no *Brazilian Journal of Development*;
3. Artigo 2 – que apresenta a análise do processo decisório atual do objeto selecionado para estudo de caso e a apresentação do Modelo proposto com o método ANP e um algoritmo de aprendizado de máquina com regressão logística para a Gestão de Portfólio de Inovação da ICT, além da fundamentação teórica das escolhas tecnológicas e dos métodos aplicados na proposta; e
4. Considerações finais da tese – que contempla a conclusão geral com base nos resultados apresentados nos dois artigos, analisados de forma integrada, e avaliando as implicações na geração de políticas e nas melhorias do processo decisório.

5. BENEFÍCIOS ESPERADOS

Espera-se que, com os resultados da pesquisa e a escalabilidade do modelo proposto, esta tese se constitua como em uma relevante contribuição à discussão sobre modelos e métodos para seleção e priorização de projetos em portfólios de inovação.

Esta pesquisa busca contribuir especificamente com os seguintes benefícios esperados:

- a) Prover *insights* para a Gestão de Portfólios de Inovação, através da análise da dinâmica do processo pela modelagem e simulação, determinando quais estratégias de seleção de projetos possibilitam obter potencialmente um melhor resultado estratégico na ICT pesquisada, assim como possibilitar determinar políticas para otimizar as variáveis de decisão de pipeline de inovação, servindo de exemplo para outras ICTs e empresas que detém portfólios de inovação;
- b) Promover utilização futura do modelo proposto como ferramenta de ensino gerencial em simuladores de voo gerenciais (*managerial flight simulator*), ou para aprendizado institucional, experimentos ou jogos, e como ferramenta para estudos comportamentais (experimentais) em gestão de portfólios;
- c) Possibilitar a utilização do modelo no suporte à gestão da inovação em empresas industriais, ICTs, bancos de investimentos e agências de fomento;
- d) Incorporar um método multicritério de apoio à decisão a um processo crítico da ICT selecionada para validação do modelo, possibilitando estabelecer um modelo decisório base (*framework*) para as diferentes linhas do edital, reduzindo a subjetividade no julgamento dos projetos, ao mesmo tempo em que consegue agilizar o processo decisório e possibilitar a otimização do resultado esperado do portfólio;
- e) Contribuir com a produção de novo conhecimento científico e na sua disseminação através de artigos, publicações, ensino e consultoria.

Artigo 1

Métodos de Apoio a Decisão em Gestão de Portfólio de Projetos de Inovação: uma revisão sistemática

Decision Making Methods in Innovation Project Portfolio Management: Systematic Review

Rosana Vieira Albuquerque

Doutoranda em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial
Professora, Centro Universitário SENAI CIMATEC
Av. Orlando Gomes, 1845, Piatã, 41650-010, Salvador, BA, Brasil.
E-mail: rosanavieiraalbuquerque@gmail.com

Valter de Senna

Doutor em Pesquisa Operacional
Professor Associado, Centro Universitário SENAI CIMATEC
Av. Orlando Gomes, 1845, Piatã, 41650-010, Salvador, BA, Brasil.
E-mail: valter.senna@gmail.com

Paulo Soares Figueiredo

Doutor em Administração
Professor Adjunto, Escola de Administração da UFBA
Avenida Reitor Miguel Calmon s/n Vale do Canela, 40110-903, Salvador, BA, Brasil.
E-mail: paulo_s_figueiredo@hotmail.com

RESUMO

O processo decisório para seleção e priorização de projetos é considerado o elemento mais relevante da gestão de portfólios de projetos, e engloba todo o ciclo de vida dos projetos e o fluxo de informações do portfólio, desde a avaliação de ideias até o desenvolvimento de novos produtos. Ele prevê etapas pré-determinadas que envolvem a análise de critérios financeiros e não-financeiros. Este estudo desenvolveu uma revisão sistemática sobre o uso de métodos de apoio a decisão neste processo, considerando 180 artigos publicados no período entre 2009 a 2019. Como resultados da pesquisa são apresentados os métodos de apoio a decisão mais frequentemente aplicados na gestão de portfólio de projetos e, adicionalmente, alguns fatores que levaram a predominância de uso dos métodos multicritérios de apoio a decisão, e.g. *analytical hierarchy process / analytical network process*. Este trabalho é parte das pesquisas sobre gestão de portfólio de inovação e contribui para o conhecimento científico neste tema com um panorama dos diferentes métodos de apoio a decisão, o entendimento do seu funcionamento, os métodos mais utilizados nos últimos 10 anos e os possíveis fatores que impactam na adoção do método mais utilizado em Gestão de Portfólio de projetos, pelos resultados encontrados em diferentes artigos, para fundamentar futura proposta de modelo computacional com os métodos multicritérios predominantes.

Palavras-chave: Gestão de Portfólio de Projetos, Métodos de Apoio a Decisão; ANP, AHP, Seleção e priorização de projetos.

ABSTRACT

The decision making process for project selection and prioritization is considered to be the most relevant part of project portfolio management, and encompasses the project life cycle and the entire portfolio information flow, from idea evaluation to new product development. The selection and prioritization of portfolio management projects includes predetermined steps that involve the analysis of financial and non-financial criteria. This research performed a systematic review on the use of decision support methods in this process, considering 180 articles published in the period from 2009 to 2019. Results highlight which decision support methods are most often applied in project portfolio management and, in addition, some factors that led to the predominance of multi-criteria decision support methods, e.g. analytical hierarchy process / analytical network process. This paper is part of research on innovation portfolio management and contributes to scientific knowledge on this topic with an overview of the different decision support methods, an understanding of its operation, the most used methods in the last 10 years and the possible factors that impact on the school the method most used in project portfolio management, due to the results found in different articles. Furthermore, supports a computational model proposal using the predominant multicriteria methods.

Key words: Project Portfolio Management, Multiple criteria decision methods, AHP, ANP, Project Selection and Prioritization.

1. INTRODUÇÃO

Em um mundo globalizado e de alta competitividade, o desenvolvimento de novos produtos está associado ao alcance e à manutenção de posições estratégicas no mercado. O ambiente corporativo torna-se ainda mais dinâmico e inovador, marcado pela alta competitividade entre as empresas, sobretudo com ampliação do comércio internacional em diversos segmentos de mercado. Isto vem impulsionando o desenvolvimento tecnológico e as inovações, e conformando a chamada quarta revolução industrial, que se caracteriza, sobretudo, pelas fábricas inteligentes e a internet das coisas ou *Internet of Things* (IoT) aplicada na automação e no controle de ativos e de processos industriais.

Segundo o Manual de Oslo (OCDE, 1997) a implementação ou melhoria significativa de produtos, serviços, métodos e práticas com sucesso pode ser considerada como inovação. No processo de desenvolvimento de novos produtos, o gerenciamento de portfólios de projetos, ou *Project Portfolio Management* (PPM), assume um papel fundamental para a realização da estratégia empresarial e para o aumento da eficiência operacional.

Nesse contexto, empresas de médio e grande porte vêm empreendendo múltiplos projetos de inovação, com emprego de alta tecnologia e grande quantidade de recursos alocados, trazendo um desafio cada vez maior aos gestores, em especial às empresas industriais e em instituições de ciência, tecnologia e inovação (ICT).

Segundo Zopounidis e Pardalos (2010), a crescente complexidade do ambiente econômico, tecnológico e empresarial, contribuiu para o estabelecimento de análises multicriteriais como um campo importante da pesquisa operacional e da ciência de gestão. A análise multicriterial continuou seu crescimento nos últimos anos, através de:

- Novos desenvolvimentos teóricos com novas técnicas e a caracterizações para modelos de decisão existentes;
- Implementação de metodologias multicriteriais em sistemas integrados de suporte à decisão;
- Aplicações inovadoras em novas áreas, incluindo gerenciamentos econômicos e financeiros, planejamento ambiental e energético, telecomunicações, transporte, entre outros;
- A exploração das interações com outras disciplinas, como a inteligência artificial, computação evolutiva, teoria *fuzzy*, e *soft computing*.

Segundo Cooper *et al.* (1999), o gerenciamento de portfólio está relacionado à eficácia dos projetos de uma empresa, sendo tratados três importantes aspectos de gestão empresarial:

1. Estratégia: alinhar projetos que sejam consistentes com os objetivos empresariais;
2. Alocação de recursos: decisão sobre a alocação do investimento nos diversos projetos da empresa, em termos financeiros e de pessoas; e
3. Seleção de projetos: escolher e priorizar os empreendimentos que assegurem a estratégia e as metas empresariais.

Considerando a relevância desse tema, esta pesquisa se insere no 3º aspecto acima do gerenciamento de portfólios, a seleção de projetos, buscando investigar, através de uma revisão sistemática, quais métodos de apoio a decisão mais utilizados para aperfeiçoar esse processo gerencial. Na gestão de portfólios de desenvolvimento de novos produtos, a seleção e priorização dos projetos de uma instituição, seja de pesquisa, de inovação ou uma empresa industrial, são de fundamental importância para a alocação correta e equilibrada dos recursos disponíveis, para trazer o retorno e os benefícios esperados aos investidores e capital intelectual às empresas.

Este artigo é parte de uma pesquisa no âmbito da gestão de portfólio de inovação e tem como objetivo contribuir para o conhecimento científico neste tema de diversas formas: através do detalhamento dos materiais e métodos utilizados na pesquisa, de um panorama dos métodos multicritérios mais utilizados no PPM como embasamento para futura proposta de modelo computacional utilizando os métodos multicritérios predominantes, para se aperfeiçoar o processo de seleção e priorização de projetos, além de apoiar futuro desenvolvimento de ferramentas educacionais gerenciais visando o aprimoramento das decisões dos *stakeholders* neste processo. Assim, como resultados da pesquisa, são apresentados, além dos métodos de apoio a decisão mais utilizados, quais fatores levaram à predominância de dois métodos multicritérios de apoio a decisão: *analytical hierarchy process / analytical network process*.

Para isso, desenvolveu-se inicialmente uma revisão de literatura estruturada da bibliografia sobre o tema Gestão de Portfólio de Projetos ou *Project Portfolio Management* (PPM), para estruturar os principais aspectos do conhecimento necessários para estruturar a metodologia adequada para coletar e sumarizar as evidências existentes nos artigos, visando maior qualidade e confiabilidade dos resultados obtidos.

Este artigo está organizado em 5 seções, compostas pela introdução na primeira seção, seguida logo após pela segunda seção que apresenta a metodologia de revisão sistemática e as etapas de desenvolvimento do estudo. A seção 3 apresenta uma síntese da revisão de literatura

sobre gerenciamento de portfólio de projetos e sobre os principais métodos de apoio à tomada de decisão. A seção 4 traz a análise dos resultados obtidos, com sua análise e discussão.

Finalmente, a seção 5 traz a conclusão sobre os resultados deste trabalho. Nos apêndices, foram disponibilizados os subprodutos da revisão sistemática.

2. METODOLOGIA

A revisão bibliográfica é a parte da pesquisa dedicada à contextualização teórica do problema e seu relacionamento com o que tem sido investigado a seu respeito. Portanto, esclarece os pressupostos teóricos que dão fundamentação à pesquisa e as contribuições relevantes proporcionadas por investigações anteriores (Gil, 2002).

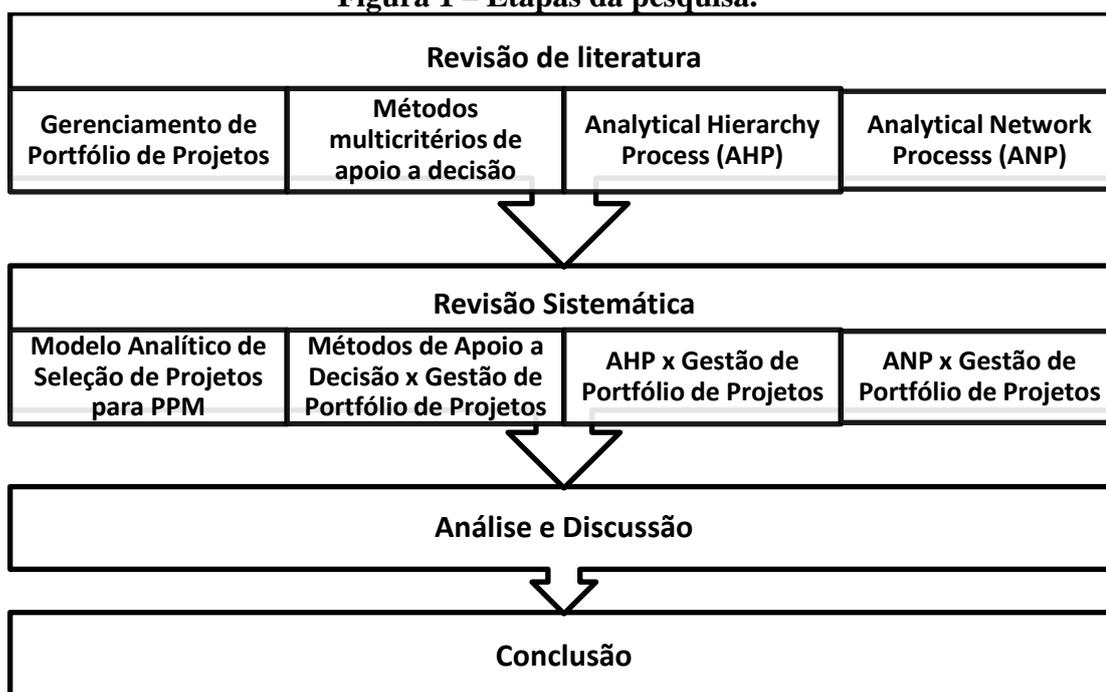
Esta pesquisa documental e analítica pode-se considerar múltipla, contemplando uma fase de coleta de dados dividida em três etapas: 1 - Revisão de literatura, com o objetivo abordar os elementos essenciais das principais categorias teóricas que formam a base desta pesquisa para melhor estruturar as etapas seguintes.

Para isso foram utilizados conceitos-chaves selecionados pela sua contribuição e relevância como fundamentos teóricos deste campo do conhecimento; 2 - Revisão sistemática, com o objetivo de identificar os métodos multicritérios de apoio a decisão utilizados nos últimos 10 anos no processo de seleção e priorização de projetos no âmbito da gestão de portfólios e 3 - Análise e discussão dos fatores que levaram à predominância de dois métodos multicritérios específicos, de apoio a decisão: *analytical hierarchy process / analytical network process*.

Assim buscou-se inicialmente apresentar uma Revisão de Literatura, abordando mais profundamente as principais questões da gestão de portfólio de projetos de inovação e os principais métodos de apoio a decisão, deixando clara a lacuna do conhecimento a que se destina contribuir esta pesquisa e que serviu de embasamento para a estruturação de todo o processo de Revisão Sistemática, para a posterior análise e discussão dos resultados, e por fim a sua conclusão.

As etapas metodológicas deste estudo estão organizadas na figura 1 a seguir:

Figura 1 – Etapas da pesquisa.



Elaboração própria, 2018.

2.1 PROCESSO DE PESQUISA

Na Revisão de Literatura realizada entre junho de 2017 e junho de 2018 buscou-se apresentar os principais aspectos dos fundamentos teóricos da pesquisa, realizando-se para isso diversas consultas a livros de referência e artigos publicados, com os seguintes descritores: Gestão de Portfólio de Projetos, Gestão de Desenvolvimento de Novos Produtos e Métodos de Apoio a Decisão.

Esta etapa da coleta contemplou uma ampla revisão sistemática de literatura, com finalidade de aprofundamento no tema sobre os métodos multicritérios de apoio a decisão e sobre gestão de portfólio de inovação, e para isso, realizou uma busca em diversas fontes bibliográficas através de levantamento de dados em:

- a) Livros de referência sobre os temas: Gestão de Portfólio de Projetos, Gestão de Desenvolvimento de Novos Produtos e Métodos de Apoio a Decisão;
- b) Artigos e publicações na internet, em base de dados de publicações científicas como *Web of Science*, *Scientific Eletronic Library Online (SciELO)*, *EBSCO*, *Periódicos Capes*, *Google Scholar*, além de publicações de revistas de comunidades científicas e de tecnologia com foco nos temas da pesquisa., como a Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional (SOBRAPO) e a *International Journal of the Analytic Hierarchy Process (IJAHF)*. Os resultados estão apresentados na seção seguinte deste artigo.

Para a Revisão Sistemática, o primeiro passo consistiu na sistematização de perguntas para direcionamento das publicações relevantes. Esta pesquisa foi guiada pelas seguintes questões: Q1 – Quais métodos de apoio a decisão em portfólio de projetos de inovação são mais predominantes na literatura?; Q2 - Quais dentre os métodos predominantes foram considerados mais adaptados à prática gerencial?

A coleta de dados foi realizada entre os meses de janeiro a abril de 2019, em artigos publicados na Internet nos sítios das bases: SCIELO, *Web of Science* e Google acadêmico, utilizando-se variações das seguintes palavras-chave: Gerenciamento de portfólio de projetos ou *Portfolio Project Management* (PPM), seleção e priorização de projetos, método multicritério de apoio à decisão, *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e *Analytic Network Process* (ANP). Esses termos foram utilizados também combinados (uso do conector ‘and’ e ‘or’), entre aspas e com seus respectivos correspondentes em inglês, para melhor efetividade da busca. A coleta foi estruturada em 4 níveis em um funil de seleção de artigos estruturado para responder às questões 1 e 2, sendo os filtros 3 e 4 já baseados nos resultados obtidos nos filtros 1 e 2, conforme explicitados no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1. Níveis dos filtros da coleta de dados

Questões	Filtro	Artigos selecionados atendiam a esses filtros
Q1	1	Modelo Analítico de Seleção de Projetos para PPM
	2	Métodos de Apoio a Decisão na Gestão de Portfólio de Projetos
Q2	3	AHP na Gestão de Portfólio de Projetos
	4	ANP na Gestão de Portfólio de Projetos

Fonte: Elaboração própria, 2019.

2.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Como critérios de inclusão, foram aceitos artigos de qualquer país, de todos os setores e ramos de atividades, com ano de publicação entre 2009 e 2019, no idioma inglês ou português, sendo considerados os resultados das primeiras 10 páginas, que atenderam aos descritores definidos para cada nível do filtro da coleta de dados.

Os artigos selecionados com base nas respostas aos níveis de análise apresentados às questões Q1 e Q2 acima, foram classificados, taguados por nível de filtro conforme Quadro 5, tendo todo o conteúdo organizado em tabelas contendo os dados principais dos artigos organizados nas colunas: Título do Artigo, Autor, Ano, Periódico, Contexto, Local, Método

ou técnica, se a solução foi implantada no seu contexto/empresa (sim ou não) e o link da publicação.

Essas tabelas-base consolidando o resultado da coleta de dados estão disponíveis com os autores, sendo arquivados em pastas no *GoogleDrive*, organizadas por fonte publicada.

Na 1ª etapa da seleção, foram aplicados descritores construídos com base nos termos mais frequentes que representam cada filtro e respeitando-se as especificidades de cada base de dados, para isso ajustou-se os termos para selecionar as publicações coerentes com cada nível de filtro da coleta de dados, conforme explicitados no Quadro 2 a seguir:

Quadro 2. Critérios de busca da 1ª etapa da seleção nas bases de dados

Base de Dados	Critério de busca			
	Filtro 1	Filtro 2	Filtro 3	Filtro 4
Google Scholar	<i>"Product Portfolio Management" OR "Project Portfolio Management"</i>	<i>((("Multiple Criteria" OR ("Multicriteria Decision Methods")) AND ("Decision Making")) AND ((("Project Portfolio Management") AND ("Project Selection") OR ("Project Prioritization") OR ("Project Ranking"))))</i>	<i>((("AHP") OR ("Analytic Hierarchy Process")) AND ((("Project Portfolio Management") AND ("Project Selection") OR ("Project Prioritization"))))</i>	<i>((("ANP") OR ("Analytic Network Process")) AND ((("Project Portfolio Management") AND ("Project Selection") OR ("Project Prioritization"))))</i>
SciELO	<i>("Product Portfolio Management") OR ("Project Portfolio Management")</i>	<i>((("Multiple Criteria" OR ("Multicriteria Decision Methods")) AND ((("Project Portfolio Management") OR ("Project Selection") OR ("Project Prioritization") OR ("Project Ranking"))))</i>	<i>((("AHP") OR ("Analytic Hierarchy Process")) AND ((("Project Portfolio Management") OR ("Project Selection") OR ("Project Prioritization"))))</i>	<i>((("ANP") OR ("Analytic Network Process")) AND ((("Project Portfolio Management") OR ("Project Selection") OR ("Project Prioritization"))))</i>
Web of Science	<i>("Product* Portfolio* Management*") OR ("Project* Portfolio* Management*")</i>	<i>((("Multiple* Criteria*") OR ("Multicriteria* Decision* Methods*")) AND ((("Project* Portfolio* Management*") OR ("Project* Selection*") OR ("Project* Prioritization*") OR ("Project* Ranking*"))))</i>	<i>((("AHP*") OR ("Analytic* Hierarchy* Process*")) AND ((("project* portfolio* management*") OR ("portfolio* management*") OR ("Project* Selection*") OR ("Project* Prioritization*"))</i>	<i>((("ANP*") OR ("Analytic* Network* Process*")) AND ((("project* portfolio* management*") OR ("portfolio* management*") OR ("Project* Selection*") OR ("Project* Prioritization*"))</i>

. Fonte: Elaboração própria, 2019.

Em seguida, após a aplicação dos descritores, selecionou-se o período para se obter as publicações nos últimos 10 anos (de 2009 a 2019). E na 2ª etapa da seleção, que consistiu na avaliação prévia da qualidade das publicações necessária para inclusão, foram considerados os artigos das 10 primeiras páginas de resultado (ordenadas por relevância, na busca) e avaliados os dois aspectos a seguir:

- 1- Se o artigo apresentou algum método ou modelo conceitual ou analítico especificado no corpo do trabalho;
- 2- Se o método apresentado no artigo foi implantado no seu contexto ou empresa para seleção de projetos, com apresentação do método de avaliação.

Para esta 2ª etapa da seleção, foram lidos os resumos dos artigos, e após análise, foram excluídos os artigos que não apresentaram um modelo conceitual ou analítico ou método de apoio a decisão aplicado na seleção de projetos. Na 2ª etapa da seleção, foi possível eliminar os artigos eventualmente duplicados por aparecerem em mais de uma fonte de dados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Uma ampla revisão de literatura estruturada com base nos principais temas que envolvem a tomada de decisão no gerenciamento de portfólio de projetos, incluindo livros e publicações acadêmicas, foi realizada para melhor aprofundamento dos aspectos teóricos e conceituais, tanto do processo de gestão de portfólio como dos métodos de apoio à decisão. Como resultado desse trabalho, esta seção apresenta as subseções a seguir: o gerenciamento de Portfólio de Projetos, Métodos multicritérios de apoio à decisão, e por fim, os dois métodos predominantes na literatura, o *Analytic Hierarchy Process* e *Analytic Network Process*.

3.1 GERENCIAMENTO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS

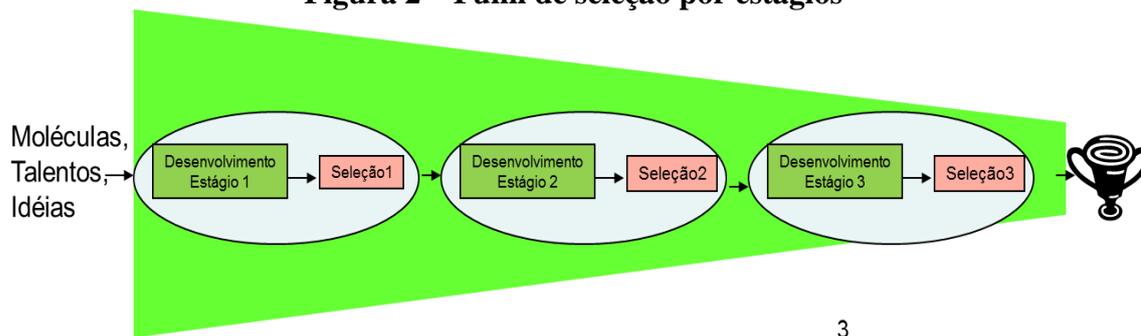
Segundo o PMI (2013), um portfólio (ou “carteira”) de projetos pode ser definido como uma coleção de componentes, formado por programas, projetos ou operações, gerenciados como um grupo para alcançar objetivos estratégicos. E o gerenciamento de portfólio de projetos, ou Project Portfolio Management (PPM), refere-se à gestão coordenada de uma ou mais carteiras para alcançar objetivos e estratégias organizacionais específicas (PMI, 2013).

Cooper *et al* (1999) definiram PPM como um processo dinâmico de decisão, no qual uma lista ativa de negócios com projetos de novos produtos (englobando pesquisa e desenvolvimento) são constantemente atualizados e revisados. Neste processo, novos projetos são avaliados, selecionados e priorizados; e os projetos existentes podem ser acelerados, encerrados ou suspensos; e os recursos são alocados e realocados aos projetos ativos. Assim, existem três principais objetivos do gerenciamento de portfólio: a) valor máximo (medido por diferentes métricas); b) balanceamento (um portfólio balanceado em termos de risco dos projetos, tamanho, etc), e c) alinhamento estratégico (COOPER, 1998).

Segundo Panakul (2015), a literatura em geral discute o PPM sob a perspectiva da gestão da empresa e, como Cooper (1998), indica como três objetivos principais do PPM: 1 - valor maximizado, 2 - balanceamento de portfólio e 3 - alinhamento estratégico. Do ponto de vista da gestão, portanto, sugere-se que os atributos da eficácia do PPM devem incluir fatores que representam a realização desses três objetivos, assim a eficácia do PPM pode ser definida com base na obtenção dos resultados em relação a esses objetivos. Observa-se entretanto que, além da gestão da organização, as demais partes interessadas (*stakeholders*) do portfólio incluem outros membros da comunidade de projetos da organização. Isto indica que, além da obtenção dos resultados em relação aos três objetivos da perspectiva de gestão, a realização dos resultados com base na perspectiva dos *stakeholders* do projeto também deve ser considerada ao determinar a eficácia do PPM. Em outras palavras, os atributos da eficácia do PPM devem incluir fatores que representam a realização dos objetivos de ambas as perspectivas.

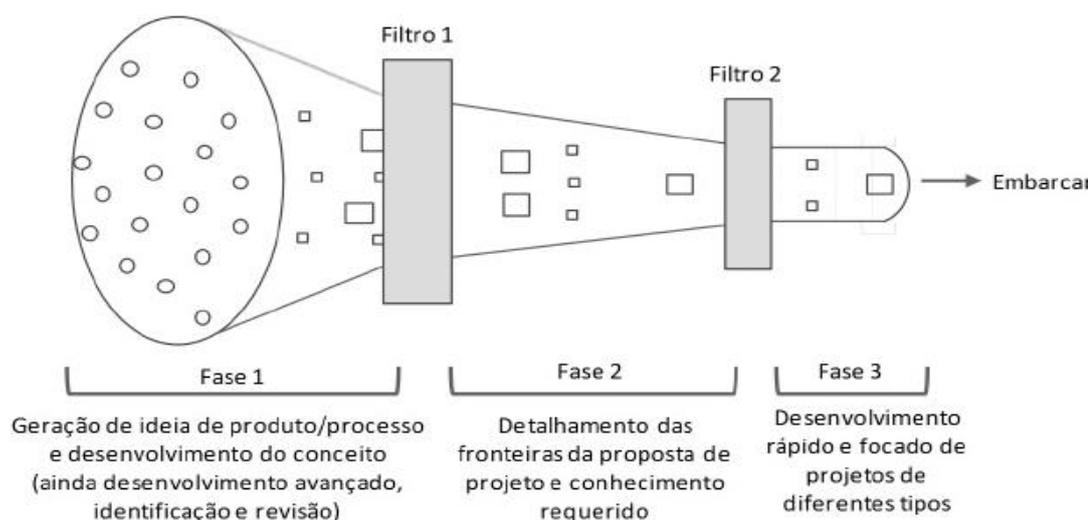
Figueredo e Loiola (2012) destacam também necessidade de uma gestão holística do processo, apontando para a questão do nível ideal de recursos e a complexidade do projeto, variáveis nas quais há interações significantes, i.e. quando o nível de uma variável é ajustada, o nível ótimo de outras variáveis pode mudar também.

Para atender a estes desafios da gestão de portfólios, de maneira integrada e eficaz, a maioria das grandes empresas inovadoras realiza a chamada gestão do funil de projetos (GFP) ou *pipeline*, no qual um grupo de projetos é avaliado enquanto atravessa uma sequência de fases de seleção. O processo de GFP é uma cadeia temporal, na qual itens passam por estágios (*stage-gates*), numa sequência pré-determinada de atrasos ou tempos de processamento, onde candidatos atravessam uma série de seleções, e apenas os melhores são lançados no mercado (COOPER *et al.* 1998; TERWIESCH *et al* 2008), conforme figura 2 a seguir.

Figura 2 – Funil de seleção por estágios

Fonte: Cooper *et al.*, 1998; Terwiesch *et al.*, 2008.

Um dos principais desafios na gestão do funil de projetos é o balanceamento de cada portfólio (carteira de projetos) ao longo do tempo, pois cada estágio constitui um portfólio, formando a melhor composição em relação a recursos, tempo, risco, levando-se em consideração fatores como: a) Índice de conformidade com o valor orçado do projeto - medida de custo; b) Índice de conformidade com o prazo do projeto - medida de tempo; c) VPL ajustada ao risco – medida de lucratividade e qualidade do projeto e d) Índice de alinhamento estratégico. Verifica-se que também devem ser consideradas as características dos projetos de novos produtos, que envolvem diferentes segmentos industriais, como representado também por Clark e Wheelwright (1992 e 1993) na Figura 3 abaixo:

Figura 3 – Funil de desenvolvimento de novos produtos.

Fonte: Clark e Wheelwright, 1992.

A seleção e priorização de projetos em portfólio de inovação, assim é considerada uma questão complexa. Para Cooper *et al.* (2000), o processo de decisão na gestão de portfólio é caracterizado pela incerteza, mudança de informações, oportunidades dinâmicas, múltiplos

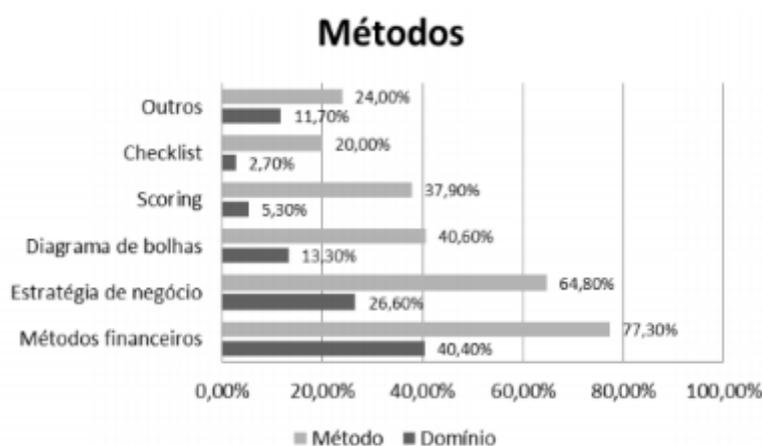
objetivos e considerações estratégicas, interdependência entre projetos e vários tomadores de decisão.

Segundo Arratia *et al.* (2016), idealmente, um sistema de apoio à decisão permite ao usuário modelar um problema tão precisamente quanto possível em relação às circunstâncias do mundo real, de modo que pouca ou nenhuma "sintonização manual" seja necessária para se obter as soluções. O problema da seleção em portfólio tem vários aspectos que estão presentes em aplicações da vida real, mas ainda não incorporadas de forma integral na literatura existente, como:

- (i) a divisão de projetos em tarefas (comum em problemas de planejamento),
- (ii) políticas de financiamento total e parcial, e seu efeito no impacto esperado
- (iii) sinergias que afetam tanto o financiamento quanto o impacto, e além disso,
- (iv) problemas com uma grande quantidade de propostas que precisam ser eficientemente resolvido.

Segundo Cooper (2000), diversos métodos são utilizados na gestão de portfólios de projetos, ele pesquisou os métodos mais utilizados e quais são os métodos dominantes no processo decisório para a seleção e priorização de projetos. Conforme demonstrado na Figura 4 abaixo:

Figura 4 – Utilização dos métodos em gestão de portfólio



Fonte: Cooper *et al.*, 2000.

Verifica-se na figura 4 que há prevalência dos métodos financeiros, como por exemplo, a análise do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR). Entretanto, o *Standard for Portfolio Management* (PMI, 2008) orienta que o escopo de um portfólio de projetos deve decorrer dos objetivos estratégicos da organização, e esses objetivos devem estar alinhados com o cenário de negócios que, por sua vez, pode ser diferente para cada organização. Conseqüentemente, não existe um modelo “perfeito” que proponha o critério

certo para ser usado para qualquer tipo de organização ao priorizar e selecionar seus projetos. Os critérios a serem utilizados pela organização devem ser baseados nos valores e preferências de seus tomadores de decisão.

A seleção e priorização de projetos em um portfólio assim contempla um processo de tomada de decisão multidimensional, não somente financeiro, e sim deve possuir múltiplos critérios. Considera-se por isso que este processo pode ser auxiliado por métodos multicritérios de apoio a decisão. Estes métodos podem possuir abordagens distintas e considerar ou não a interdependência entre os critérios. Por isso, é necessário conhecê-los mais detalhadamente para melhor avaliar a sua aplicação.

3.2. MÉTODOS MULTICRITÉRIOS DE APOIO A DECISÃO (MCDM)

Os métodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) ou *Multicriteria Decision Aiding* (MCDA), também encontrados como *Multicriteria Decision Methods* (MCDM), foram desenvolvidos para auxiliar o decisor na avaliação simultânea de um conjunto de alternativas com relação a um determinado conjunto de critérios, como ocorre para a seleção e priorização na gestão de portfólio de projetos. O MCDA possui vários métodos para organizar a tomada de decisões em um problema complexo. Segundo Roy (1996), os métodos multicritérios podem ser classificados de acordo com três abordagens:

- a) Abordagem do critério único de síntese: desenvolvida na Escola Americana, esta abordagem sugere que os diversos pontos de vista envolvidos em um problema multicritério sejam agregados em uma única função, que deve ser otimizada. O método que se baseia nessa abordagem mais utilizado é o Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT);
- b) Abordagem do julgamento interativo: consiste em um processo sequencial composto por várias interações, onde cada uma representa uma fase da decisão e é a partir dessas interações que o modelo é construído, baseado nas preferências do decisor;
- c) Abordagem da sobreclassificação (*outranking*): formulada pela Escola Francesa, se baseia na construção de relações de sobreclassificação que representam as preferências do decisor, para depois auxiliá-lo na solução do problema, admitindo a incomparabilidade entre as alternativas. Para Vincke (1992), sua ideia básica é o enriquecimento das relações de dominância, com a informação da importância

relativa entre os critérios e sem hipóteses matemáticas rígidas, dificultando a modelagem de problemas reais. Seus principais métodos são os das famílias ELECTRE e PROMETHEE.

Segundo Almeida (2010), além da classificação por abordagem, os métodos multicritério se dividem entre compensatórios e não-compensatórios. A compensação que pode existir entre os critérios no método de agregação é uma característica importante em métodos multicritério.

Os métodos compensatórios são aqueles em que é possível compensar o desempenho baixo de uma alternativa em um critério com um desempenho melhor em outro critério, considerando assim os *tradeoffs* entre os critérios.

Nos métodos não-compensatórios isso não é possível, e não existem *tradeoffs* entre os critérios. Os métodos de sobreclassificação geralmente são não-compensatórios, enquanto os de agregação são compensatórios. Pode-se ainda apresentar a classificação conforme o comportamento dos métodos em relação ao *trade-off* e também quanto ao uso, em métodos de agregação ou de sobreclassificação segundo Almeida (2010) apud Lima (2011), conforme descrição apresentada no quadro 3 a seguir:

Quadro 3 – Caracterização dos métodos de apoio à decisão

	Caraterística	Tipos	Análise da aplicação em portfólio de projetos
Métodos compensatórios	É possível compensar o baixo desempenho de uma alternativa em um critério com um desempenho melhor em outro critério, considerando os <i>tradeoffs</i> entre os critérios (Almeida, 2010)	Geralmente métodos de agregação	Analisar projetos para comparar portfólios é coerente nessa racionalidade, pois a função valor dos métodos compensatórios utilizam todo o potencial de contribuição de cada projeto em cada critério para avaliar os portfólios (Almeida, 2012)
Métodos não compensatórios	Não é possível haver compensação e não existem <i>tradeoffs</i> entre os critérios (Almeida, 2010)	Geralmente métodos de sobreclassificação	Na análise não compensatória, nem todo o potencial de contribuição de um projeto é considerado para dado critério em uma comparação par a par, pois a partir de um momento em que um projeto ganha de outro em dado critério, toda a diferença de contribuição entre os dois projetos é desprezada (Almeida, 2012)

Fonte: Elaboração própria, 2019.

Segundo Vincke (1992), a área de estudo de Apoio à Decisão Multicritério apresenta duas linhas de pensamentos principais:

- Escola francesa (*Multiple Criteria Decision Aid - MCDA*) – traz a abordagem de sobreclassificação ou sobreposição (*outranking / surclassement*) (Roy, 1996) e é representada principalmente pelos métodos:
 - ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la Réalité*), proposto por Bernard Roy (1968), cujos princípios são flexíveis e admitem que alternativas não sejam comparáveis entre si, além de não utilizar o axioma da transitividade (existência de uma relação racional que permita estabelecer uma ordem de preferência) e
 - PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*), proposto por Jean-Pierre Brans (1984), que pode ser utilizado para um número infinito de alternativas;
- Escola americana (*Multiple Criteria Decision Making - MCDM*), traz a abordagem do critério único de síntese (Roy, 1996), é representada principalmente pelos métodos:
 - AHP - proposto por Thomas L. Saaty nos anos de 1970, baseada em avaliações binárias entre critérios intangíveis (qualitativos) e tangíveis (quantitativos);
 - ANP - apresentado por Thomas L. Saaty em 1996 como uma generalização do AHP, caracteriza-se pela decomposição de um problema de decisão em uma estrutura de rede, permitindo relações de dependência e feedback entre seus elementos (SAATY, 2005).

Ressalte-se que há outros métodos de apoio à decisão que, em relação à classificação entre as escolas Francesa e Americana, são considerados híbridos, como o método Tomada de Decisão Interativa Multicritério (TODIM). O TODIM é um método de ordenação, criado no início dos anos 90, baseado em uma função global de valor, multiatributo, que agrega em si todas as medidas de perdas e ganhos para todos os critérios. Utiliza, portanto, uma média global calculada em função de valor – baseada na Teoria das Perspectivas na qual, diferente da Teoria da Utilidade, onde os pesos dados para decisões de perdas e ganhos são simétricos, considera-se que não há simetria, a curva da perda mais acentuada que a curva do ganho (GOMES *et al*, 2004, 2012).

Neste momento da pesquisa de revisão de literatura, não foram encontrados trabalhos com a aplicação desses métodos híbridos na gestão de portfólios de projetos, por isso esta revisão considerou os métodos mais referenciados na literatura em cada uma das abordagens, com características organizados no quadro 4 a seguir:

Quadro 4 – Classificação dos principais métodos multicritérios

Escola	Métodos principais	Características	Classificações / Tipos de abordagens
Francesa	ELECTRE e PROMETHEE	<ul style="list-style-type: none"> • Baseia-se na construção de relações de sobreclassificação para demonstrar as preferências do decisor e admite também a incomparabilidade entre as alternativas (Almeida (2010) apud Lima, 2011)), • Tendem a apresentar menos influência das preferências pessoais dos decisores, (Roy (1996), Campos (2011)) • O decisor pode declarar preferência forte (sem hesitação), preferência fraca (com hesitação), indiferença e incomparabilidade (Campos, 2011) • Assume a onipresença da subjetividade no processo decisório (Campos, 2011) • Não impõe a necessidade de hierarquização das alternativas (Campos, 2011) • Não utiliza a relação compensatória entre as alternativas (Almeida, 2103) 	Abordagem de sobreclassificação ou sobreposição (outranking / surclassement) (Roy, 1996)
Americana	MAUT (Teoria da Utilidade Multiatributo) - AHP, ANP	<ul style="list-style-type: none"> • Os diversos pontos de vista são agregados em uma única função (Roy, 1996,) • Exclui a incomparabilidade (Campos, 2011). Os critérios pouco importantes recebem pesos menores do que os de maior importância (Campos, 2011) • Admite definir uma função que agregue os valores das alternativas, segundo cada critério (Campos, 2011) <ul style="list-style-type: none"> • Busca formas de explicitar a preferência dos decisores, que é vista como grande influenciadora da decisão final (Campos, 2011) • Utiliza-se da lógica compensatória e busca uma função que agregue diferentes funções de utilidade em uma função única (Almeida, 2013). 	Abordagem do critério único de síntese (Roy, 1996)

Fonte: Elaboração própria, 2019.

3.3 ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

Salomon *et al* (1998) destaca que, no início da década de 70, houve uma importante demanda por parte de empresas e governo dos Estados Unidos por um método de auxílio à tomada de decisão. Então professores da *Wharton Business School*, respeitados no meio acadêmico e experientes consultores, entre eles o Dr. Thomas Saaty e o Dr. Ernest Forman, fundaram a *Incorporated Expert Choice*.

Em 1980 foi publicado o livro com o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), trazendo no capítulo oito, intitulado “Prioridades em sistemas com feedback”, o desenvolvimento do método ANP. Foi lançado também o software *Expert Choice* e desde

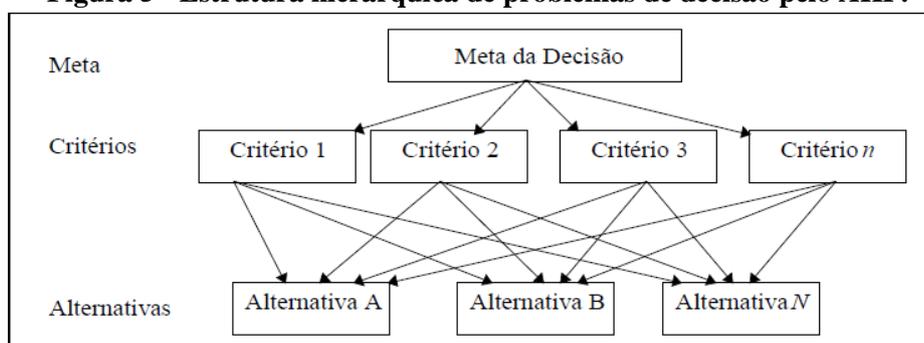
então o AHP tem sido amplamente estudado e aplicado em diferentes contextos, por empresas públicas e privadas, em todo o mundo (SALOMON *et al*, 1998).

Segundo Saaty (1994), o processo de tomada de decisão baseada em múltiplos critérios deve: a) ser simples na sua construção; b) ser adaptável para aplicação em discussões entre indivíduos e entre grupos; c) ser natural e intuitivo; d) encorajar o compromisso das pessoas com o processo de decisão e a construção de um consenso; mas é) não deve requerer especialização dos envolvidos nas discussões, embora as pessoas escolhidas, preferencialmente, sejam especializadas. Já o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) busca considerar essas premissas e informações e organizar hierarquicamente, seguindo os passos:

1. Estruturação do modelo do problema de forma a mostrar seus elementos-chave e as relações entre eles (elaboração da pesquisa);
2. Lista dos julgamentos que refletem conhecimentos, intuição e emoções (aplicação da pesquisa);
3. Representação destes julgamentos com números (pesos) na construção de matrizes;
4. Cálculo das prioridades dos elementos na hierarquia (análise das matrizes);
5. Síntese dos resultados para se chegar a uma política geral a ser aplicada;
6. Teste de sensibilidade a mudanças nos julgamentos.

Segundo Saaty (1990), para tomada de decisão, as pessoas precisam dos seguintes tipos de informação, conhecimento, e dados técnicos: a) Detalhes do problema; b) Pessoas e grupos envolvidos; c) os objetivos e políticas atuais estabelecidas pelos envolvidos; d) as influências que afetam os resultados; e e) os horizontes de tempo, cenários possíveis e restrições. Para aplicação do método AHP é necessário a construção de uma árvore hierárquica inversa (figura 5), onde o objetivo da decisão fica no topo, e na decomposição, aparecem os critérios, subcritérios e as alternativas (SAATY, 1990).

Figura 5 - Estrutura hierárquica de problemas de decisão pelo AHP.



Fonte: Saaty (1990, 1991).

Depois da estrutura hierárquica inversa construída, é necessário avaliar através da comparação dos pares entre os critérios, e assim serão determinados pesos de cada destes. Os julgamentos dos tomadores de decisão, com respeito à importância de um atributo em relação a outro, podem ser realizados de forma subjetiva e convertidos para um valor numérico usando-se uma escala de 1 a 9, sendo que o valor 1 denota igual importância e 9 denota alto grau de favoritismo. Os critérios são comparados par a par de acordo com uma escala de julgamentos, conforme o quadro 5 (SAATY, 1980).

Quadro 5 – Escala de comparação dos pares

JULGAMENTO	VALORES
X é igualmente preferível a Y	1
X é igual a moderadamente preferível sobre Y	2
X é moderadamente preferível sobre Y	3
X é moderada a fortemente preferível sobre Y	4
X é fortemente preferível sobre Y	5
X é fortemente a muito fortemente preferível sobre Y	6
X é muito fortemente preferível sobre Y	7
X é muito forte a extremamente preferível sobre Y	8
X é extremamente preferível sobre Y	9

Fonte: Saaty (1980).

Para Saaty (1991), nove (9) é o número máximo de grupos que uma rede deve ter sendo o limite psicológico nestas comparações. O Quadro 6 abaixo explicita os diferentes graus de importância.

Quadro 6 – Escala Fundamental com explicativo dos graus da comparação par a par

Grau de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Os dois atributos contribuem de forma idêntica para o objetivo
3	Ligeiramente mais importante	A análise e a experiência mostram que o atributo i é ligeiramente mais importante que o atributo j
5	Significativamente mais importante	A análise e a experiência mostram que o atributo i é significativamente mais importante que o atributo j;
7	Fortemente mais importante	A maior importância do atributo i em relação ao atributo j pode ser demonstrada na prática;
9	Extremamente mais importante	Sem qualquer dúvida o atributo i é absolutamente predominante para o objetivo em relação ao atributo j;
2,4,6,8	Valores intermediários	Podem ser utilizados quando necessário, a critério do julgador;
1/3	Ligeiramente menos importante	A análise e a experiência mostram que o atributo i é ligeiramente menos importante que o atributo j;
1/5	Significativamente menos importante	A análise e a experiência mostram que o atributo i é significativamente menos importante que o atributo j;
1/7	Fortemente menos importante	A menor importância do atributo i em relação ao atributo j pode ser demonstrada na prática;
1/9	Extremamente menos importante	Sem qualquer dúvida o atributo i é absolutamente sem importância para o atributo j.

Fonte: Saaty (1990).

Os resultados são apresentados na formal matricial (Saaty, 1991):

$$B = \begin{bmatrix} 1 & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ \frac{1}{b_{12}} & 1 & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{b_{1n}} & \frac{1}{b_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Onde, b = comparação entre os critérios e p = pesos. Esta matriz possui simetria em relação à sua diagonal principal: os elementos julgam critérios semelhantes, porém um julgamento é o inverso do outro, $b_{ij} = 1/b_{ji}$. Se o valor $b_{ij} = 2$, i é 2 vezes mais importante j . Se $b_{ji} = 1/2$, j possui um meio da importância de i . O resultado desta matriz é o autovetor de prioridades, que expressa os pesos. Com os pesos e níveis de preferência das alternativas é necessário atribuir valores a cada uma das alternativas, através do método da soma ponderada (Saaty, 1991):

$$V(b) = \sum_{j=1}^n p_j v_j(b)$$

$$\text{com } \sum_{j=1}^n p_j = 1 \text{ e } 0 < p_j < 1 \text{ (} j = 1, \dots, n \text{),}$$

Onde:

- a) $V(b)$: é o valor da alternativa;
- b) p_j : a importância do critério j ;
- c) v_j : é a preferência da alternativa no critério j .

Considerando evidentes dificuldades intrínsecas do ser humano em tomar decisões diante de problemas com muitas informações e com múltiplos critérios, Saaty (1991) propôs um procedimento para calcular inconsistências derivadas do julgamento de valor entre os elementos comparados. Por isso, o método AHP calcula a RC (Razão de Consistência) dos julgamentos, definida como $RC = IC/IR$, onde IR (Índice de Consistência Randômico) é obtido em uma matriz recíproca de ordem 'n', com elementos que não podem ser negativos e gerada aleatoriamente. O IC (Índice de Consistência) é calculado em $IC = (b_{\text{máx}} - n)/(n-1)$, onde $b_{\text{máx}}$ é o maior autovetor da matriz de julgamentos. Caso o RC calculado seja inferior ou igual a 0,10, a matriz de julgamento é considerada consistente. Caso contrário, a matriz é considerada inconsistente, e o julgamento deve ser refeito, assim o ideal seria um $IC \leq 0.1$, como regra geral (SAATY, 1990, 1991).

Para Batisttoni (2013), o sucesso de um Desenvolvimento de Novos Produtos (NPD) depende fortemente de uma profunda compreensão das necessidades do mercado e o *Analytic Heirarchy Process* (AHP) tem sido comumente usado para encontrar pesos para as preferências dos clientes. Os autores recomendam o uso da metodologia AHP para definir, por exemplo, o peso das necessidades do cliente conectado ao processo NPD.

Gomes *et al* (2010) aplicaram o método AHP para ordenação das lojas de uma rede de varejo em função do risco de crédito e concluíram que o uso do AHP, como também a estruturação do problema com mapas cognitivos, mostraram-se eficazes, gerando melhor entendimento e conhecimento sobre o problema estudado, através dos quais pode-se tomar decisões com muito mais propriedade, modelando o problema de forma a permitir que as experiências do decisor, em forma de julgamentos, pudessem ser levadas em consideração no resultado final.

Vargas (2010), aplicou o método AHP para seleção e priorização de projetos na gestão de portfólios, e considerou que a aplicação para selecionar projetos para o portfólio permite que os tomadores de decisão tenham uma ferramenta de suporte a decisões específica e matemática, que não somente suporta e qualifica as decisões, mas também permite que os tomadores de decisão justifiquem suas escolhas, e permite simular possíveis resultados.

Para Triantaphyllou e Mann (1995) o AHP tem atraído o interesse de muitos pesquisadores, principalmente devido às características matemáticas do método e ao fato de que a entrada de dados é bastante simples de ser produzida. Para os autores, o AHP fornece uma abordagem conveniente para resolver problemas complexos de MCDM na engenharia, mas deve-se notar que existe um pacote de software chamado Expert Choice (1990), que contribuiu significativamente para a ampla aceitação do AHP metodologia.

3.4 ANALYTIC NETWORK PROCESS (ANP)

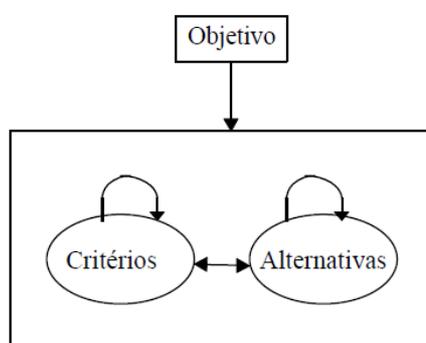
O método *Analytic Network Process* (ANP) foi apresentado por Thomas L. Saaty em 1996 como uma generalização e ao mesmo tempo uma evolução do método AHP. O ANP caracteriza-se pela decomposição de um problema de decisão em uma estrutura de rede, permitindo relações de dependência e *feedback* entre seus elementos (Saaty, 2005). A abordagem de feedback no ANP transformou a hierarquia em rede ao permitir modelar o complexo inter-relacionamento entre os níveis de decisão através das interdependências entre os critérios e os atributos, permitindo modelagem mais adequada de sistemas complexos

qualquer motivo que seja, sejam adicionadas ao modelo, apenas com vista a entender seus desdobramentos em caso de aplicação real (CHANG, P. E LIN, H., 2015).

Dados estes requisitos, o método ANP pode ser aplicável a diferentes contextos, por se tratar de um método numérico de apoio à decisão baseado nos julgamentos de pessoas com geralmente grande conhecimento sobre determinado assunto, uma vez que a lógica *fuzzy* (inserida no ANP) trabalha a não dualidade das decisões humanas (SAATY, 2004).

Ao contrário da estrutura hierárquica do AHP representada na figura 8, a metodologia ANP representa as reações entre critérios e alternativas em uma rede (figura 7):

Figura 7 – Rede correspondente a hierarquia.



Fonte: Salomon e Montevechi (1998).

Sarkis (2013) aplicou o ANP no processo decisório de seleção na cadeia de suprimentos “verdes”. Para ele, as características dinâmicas e a complexidade das decisões gerenciais no ambiente gerenciamento da cadeia de suprimentos verdes, como na maioria das decisões estratégicas, torna a técnica ANP, uma ferramenta adequada em um modelo dinâmico de decisão multiatributiva não-linear.

Cheng e Li (2005) consideram ser um dos primeiros a aplicar o método ANP no processo decisório de seleção e priorização de projetos de construção “apesar de um número de publicações que aplicam AHP na seleção de projetos de construção, esta é provavelmente a primeira vez que uma tentativa foi feita para aplicar o ANP na seleção de projetos”. E concluíram que o ANP é uma ferramenta inovadora para a tomada de decisões multicritério. Os autores buscaram ilustrar as etapas da aplicação do ANP na seleção de projetos.

Contudo, consideraram que as empresas devem desenvolver seu próprio conjunto de critérios de seleção, especialmente colocar mais esforços para examinar a natureza complexa de uma construção. Para os autores, pesquisadores e profissionais da indústria devem achar o método ANP útil de maneiras diferentes. Em relação aos profissionais da indústria, o ANP é

útil para determinar, por exemplo, a viabilidade inicial de projetos de construção, ajudando a selecionar um número menor de projetos de um pool maior. O exemplo foi apresentado apenas como um modelo de decisão para referência inicial (CHENG E LI , 2005).

Para Vargas (2010), é importante enfatizar que a tomada de decisões pressupõe uma compreensão maior da complexidade do contexto do que do uso de qualquer técnica. Ele afirma que uma decisão sobre um portfólio é fruto da negociação, aspectos humanos e análise estratégica, onde métodos como AHP favorecem e orientam a execução do trabalho, mas eles não podem e não devem ser usados como um critério universal.

Mohanty *et al.* (2005) aplicaram o método ANP na seleção de projetos de inovação. Após revisão de literatura e estudo de caso, os autores ressaltaram algumas contribuições importantes sobre a relevância do tema e o método aplicado, entre as quais pode-se destacar:

- “As necessidades e desejos de diferentes partes interessadas podem ser facilmente reconciliados e integrados em um quadro de decisão usando a ANP, que permite um relacionamento de feedback entre os diferentes níveis
- Além disso, no contexto da seleção de projetos de P & D, do grande número de abordagens que foram propostas no passado, muito poucos ganharam ampla aceitação, já que a maioria deles aborda aspectos monetários ou não monetários (...) Por exemplo, quanto a mudanças no meio ambiente, a regulação pode ter efeitos devastadores em projetos de P & D;
- O método ANP fornece uma estrutura para integrar os argumentos e estratégias relacionados à seleção de projetos, tais como necessidades do mercado, regulamentos governamentais, capacidade organizacional, etc. E os assuntos estratégicos podem ser integrados à análise de custos do projeto”

Verifica-se que o método ANP pode permitir melhor decisão de seleção de projetos, uma vez que com a estrutura da análise em rede, e não de forma hierárquica, permite a representação da influência, existente no mundo real, entre os critérios de seleção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira fase da coleta de dados foram encontrados no total da 1ª seleção 1.949 registros de publicações no conjunto dos 4 filtros, e após a 2ª seleção foram extraídos no total 180 publicações que serviram de base para a análise sistemática. Os quantitativos de cada etapa e filtro, conforme critérios anteriormente apresentados, estão consolidados no quadro 7 abaixo:

Quadro 7. Quantitativo de artigos selecionados

Base de Dados	Questão 1 Modelos analíticos e métodos mais predominantes na literatura				Questão 2 Métodos de apoio a decisão mais utilizados na prática gerencial			
	Filtro 1		Filtro 2		Filtro 3		Filtro 4	
	1ª seleção	2ª seleção	1ª seleção	2ª seleção	1ª seleção	2ª seleção	1ª seleção	2ª seleção
Google Scholar	539	9	256	37	437	11	175	11
SciELO	9	2	15	6	7	3	1	1
Web of Science	131	12	74	29	177	44	128	26
(-) repetidos	-	(4)	-	(2)	-	(1)		(5)
TOTAL	679	19	345	71	621	57	304	33

. Fonte: Elaboração própria, 2019.

Pela análise dos dados quantitativos obtidos em cada seleção e em cada filtro, apresentados no Quadro 7 acima, verificou-se que a base SciELO contribuiu com o menor número de publicações, enquanto que a base Web of Science trouxe maior assertividade nos resultados das seleções, contribuindo com a maior parte (62%) das publicações selecionadas.

Os artigos selecionados das três bases, seguindo a metodologia detalhada na seção 2 deste artigo, serviram de amostra representativa para análise das respostas às questões Q1 e Q2 sobre os métodos de apoio a decisão aplicados à gestão de portfólio de projetos.

4.1 MODELO ANALÍTICO DE SELEÇÃO DE PROJETOS PARA PPM

Iniciando-se a análise dos resultados obtidos para a Q1, que se refere aos modelos analíticos, após aplicação do Filtro 1, foram considerados 19 artigos e nestes foram identificados modelos conceituais ou híbridos e os baseados em algum dos métodos de apoio a decisão, conforme listados no quadro 8 abaixo:

Quadro 8. Artigos selecionados no Filtro 1 - Modelos para PPM

Nr.	Artigo	Ano	Método ou técnica
1.	Successful project portfolio management beyond project selection techniques: Understanding the role of structural alignment	2015	Conceitual ou híbrido
2.	Project selection in project portfolio management: An artificial neural network model based on critical success factors	2013	Artificial neural network (ANN)
3.	Dealing with legitimacy: A key challenge for Project Portfolio Management decision makers	2014	Conceitual ou híbrido
4.	A Comparison of Compensatory and NonCompensatory Decision Making Strategies in IT Project Portfolio Management	2009	Conceitual ou híbrido
5.	Application of Gray Systems and Fuzzy Sets in Combination with Real Options Theory in Project Portfolio Management	2014	Conceitual ou híbrido
6.	Using Analytic Hierarchy Process as a Decision-Making Tool in Project Portfolio Management	2015	AHP
7.	Proposal of managerial standards for new product portfolio management in Brazilian pharmaceutical companies	2010	Conceitual ou híbrido
8.	Multi-criteria decision-making methods for project portfolio management: a literature review	2018	Conceitual ou híbrido
9.	Gestão de portfólio de projetos: contribuições e tendências da literatura	2013	Conceitual ou híbrido
10.	Project Portfolio Management With The Support Of The AHP Method	2018	AHP
11.	Cobit 5-Based Approach for IT Project Portfolio Management: Application to a Moroccan University	2018	AHP, TOPSIS
12.	A Proposed Selection Process in Over-The-Top Project Portfolio Management	2018	Conceitual ou híbrido
13.	Prioritization and selection of construction project portfolio in contractor companies using project portfolio management approach (Case study: caspian contractor company)	2017	AHP
14.	Modern Trends In Project Portfolio Management	2017	ANP
15.	Project portfolio management Towards a new project prioritization process	2016	Conceitual ou híbrido

Fonte: Elaboração própria, 2019.

Quadro 8. Artigos selecionados no Filtro 1 - Modelos para PPM (continuação)

16.	Integrating sustainability into construction project portfolio management	2016	Conceitual ou híbrido
17.	Project Portfolio Management as a New Management Tool	2015	DEMATEL ANP,, Linear Programming
18.	Mathematical optimization methods: Application in project portfolio management	2015	Conceitual ou híbrido
19.	A Conceptual Multi-dimensional Evaluation Model for New Product Portfolio Management - Using Hybrid Fuzzy Model of AHP-DEA	2014	Hybrid Fuzzy, AHP

Fonte: Elaboração própria, 2019.

Na análise dos artigos selecionados no filtro 1, verificou-se que apenas 5 artigos apresentaram algum modelo analítico conceitual ou híbrido, outros 6 artigos apresentaram uma revisão de literatura, sem apresentar um modelo analítico conceitual.

Dos artigos que apresentaram algum framework analítico, 5 artigos apresentaram modelos utilizando o método de apoio a decisão AHP, sendo que dois desses artigos apresentaram AHP aliada a outras técnicas. 2 artigos apresentaram modelo com uso do método ANP, sendo 1 (um) deles combinado com outras técnicas, e apenas 1 com a técnica *Artificial Neural Network* (ANN), conforme apresentado na a figura 8.

Figura 8 – Resultado do filtro 1 - Modelos para PPM

Fonte: Elaboração própria, 2019.

Observa-se que, do total, 26,3% dos artigos contribuíram com um esquema conceitual analítico para a gestão de portfólio de projetos e voltados para temas como: alinhamento estratégico, comunicação e gerenciamento de partes interessadas, enquanto a maioria dos artigos, 31,2%, eram de revisão de literatura, voltados à uma análise comparativa entre os métodos de apoio à decisão para embasar uma avaliação de aplicações desses métodos.

Do total, 42% dos artigos propuseram modelos com utilização de algum método de apoio à decisão, sendo destes, 26,3% utilizando o AHP, 10,5% utilizando ANP e 5% o método ANN. Verifica-se assim que a maior parte, 36,8% dos artigos, propuseram modelos com a aplicação do método AHP ou do ANP e estes foram publicados mais recentemente, no período de 2014 a 2018.

Considera-se assim que neste primeiro filtro, mais amplo e sem busca por nenhum método específico, houve predominância dos artigos com modelos baseados em pelo menos um destes dois métodos (AHP / ANP) de apoio à decisão.

4.2 MÉTODOS MULTICRITÉRIOS DE APOIO A DECISÃO EM GESTÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS

Em continuidade à análise dos resultados obtidos para a Q1, sobre os modelos e métodos mais predominantes na literatura, buscou-se no filtro 2 conhecer mais especificamente quais os Métodos Multicritérios de Apoio a Decisão (sigla em inglês, MCDM) mais predominantes na literatura.

Para isso, após aplicação dos critérios de seleção já descritos na metodologia (seção 2 deste artigo), foram considerados 71 artigos e nestes foram identificados os métodos utilizados, unicamente ou híbridos (em conjunto com outros métodos), encontrando-se o resultado organizado no quadro 9 a seguir.

Quadro 9. Artigos do Filtro 2 – Métodos aplicados no PPM

Nr.	Artigo	Ano	Método ou técnica
1.	Project selection in project portfolio management: An artificial neural network model based on critical success factors	2013	Artificial neural network
2.	A Novel Model of Strategically Aligned Portfolio Optimization through Fuzzy project prioritization.	2014	AHP
3.	Prioritization of Research Proposals Using the Analytic Hierarchy Process – AHP	2013	AHP
4.	Investigation of Multi-Criteria Decision Consistency: A Triplex Approach to Optimal Oilfield Portfolio Investment Decisions	2016	AHP, PROMETHEE and TOPSIS
5.	Prioritization of project proposals in portfolio management using fuzzy AHP	2018	AHP, Fuzzy
6.	Multicriteria Dynamic Project Portfolio	2016	ANP
7.	Developing A Balanced Project Portfolio For A Social Enterprise - The Case Of Sife In Salford Uk	2011	AHP
8.	Multi-criteria decision making in project environment using decision trees and real options – a comparison of methods	2017	Decision Tree
9.	A hybrid of Delphi, AHP and TOPSIS Methods for project portfolio management (p 141 - 146)	2019	AHP, Delphi, TOPSIS
10.	O problema de seleção de portfólio de projetos de pesquisa em instituições de ensino: um estudo de caso	2017	AHP
11.	Modeling a Multi-criteria Decision Support System for Capital Budgeting Project Selection	2017	Próprio
12.	Establishment Of Project Portfolio By Using Multi-criteria Evaluation	2016	AHP
13.	Proposal for Practical Application of a Project Ranking Criteria	2016	AHP
14.	Non-profit project portfolio evaluation and selection: a multi-criteria approach	2015	Próprio
15.	Multicriteria methodology and hierarchical innovation in the energy sector: The Project Management Institute approach	2017	AHP
16.	Portfolio Modeling in Environmental Decision Making	2013	PDA
17.	Project portfolio evaluation and selection using mathematical programming and optimization methods	2014	Goal Programming
18.	Using Analytic Hierarchy Process for COBIT 5 Process Prioritization	2018	AHP
19.	A Multicriteria Decision Model For Selecting A Portfolio Of Oil And Gas Exploration Projects	2013	Próprio
20.	Project Selection And Prioritization: A Case Of Power Generation In Zimbabwe.	2015	AHP
21.	Optimizing a sustainable project portfolio selection (Mixed Linear Programming, Deterministic Dynamic Programming and Stochastic Dynamic Programming)	2016	AHP, Mixed Linear Programming,
22.	An Intuitionistic Fuzzy Multi-criteria Framework For Large-scale Rooftop Pv Project Portfolio Selection: Case Study In Zhejiang, China	2018	AHP, Promethee II, fuzzy 0-1 programming model, NSGA II

Fonte: Elaboração própria, 2019.

Quadro 9. Artigos do Filtro 2 – Métodos aplicados no PPM (continuação)

Nr.	Artigo	Ano	Método ou técnica
23.	Evaluation And Selection Of Innovation Projects	2015	Próprio
24.	Modelo De Apoio À Decisão Para Priorização De Projetos Em Uma Empresa De Saneamento	2013	Promethee I
25.	Portfólio C-ótimo Na Priorização De Projetos Em Obras Públicas: Um Estudo De Caso No Governo De Pernambuco	2017	Promethee V
26.	Strategic Project Portfolio Selection For National Research Institutes	2015	Delphi, DEMATEL, ANP
27.	A state-of-art survey on project selection using MCDM techniques	2017	Vários
28.	Sustainability-Oriented Financial Resource Allocation in a Project Portfolio through Multi-Criteria Decision-Making	2016	Vários
29.	A Hybrid MCDM Approach for Strategic Project Portfolio Selection of Agro By-Products	2017	Vários
30.	Management of Dynamic Project Portfolio	2014	ANP
31.	A fuzzy weighted average approach for selecting portfolio of new product development projects	2017	Neural Networks, Fuzzy
32.	A systematic comparison of multi-criteria decision making methods for the improvement of project portfolio management in complex organizations	2017	Vários
33.	Using Analytic Hierarchy Process as a Decision-Making Tool in Project Portfolio Management	2015	AHP
34.	R&D project evaluation and project portfolio selection by a new interval type-2 fuzzy optimization approach	2017	Próprio, fuzzy,
35.	A Multi-stage Multi Criteria Model for Portfolio Management	2014	Fuzzy, Goal Programming,
36.	Project selection and prioritization in Iranian Aluminium Company (IRALCO)	2012	AHP
37.	Modelo de decisión multicriterio difuso para la selección de contratistas en proyectos de infraestructura: caso Colombia	2016	TOPSIS
38.	Portfolio Selection Of Information Systems Projects Using Promethee V With C-optimal Concept	2014	PROMETHEE V, C-Optimal
39.	Modelo de apoio à decisão para priorização de projetos em uma empresa de saneamento	2013	PROMETHEE I
40.	A multi-criteria decision model for selecting project portfolio with consideration being given to a new concept for synergies	2011	Próprio
41.	Aplicación de metaheurísticas multiobjetivo a la solución de problemas de cartera de proyectos públicos con una valoración multidimensional de su impacto	2011	ELECTRE
42.	Decision theory with multiple criteria: an application of ELECTRE IV and TODIM to SEBRAE/RJ	2009	ELECTRE IV, TODIM
43.	Research Project Selection and Classification using MCDA Methods	2018	AHP, Promethee II
44.	Selection of Six Sigma project with interval data: common weight DEA model	2018	Common Weight, DEA

Fonte: Elaboração própria, 2019.

Quadro 9. Artigos do Filtro 2 – Métodos aplicados no PPM (continuação)

Nr.	Artigo	Ano	Método ou técnica
45.	Making international expansion decision for construction enterprises with multiple criteria: a literature review approach	2018	Próprio
46.	A multicriteria sorting approach based on data envelopment analysis for R&D project selection problem	2017	AHP, Goal Programming, DEA
47.	Construction Projects Bid or Not Bid Approach using the Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity FTOPSIS Method	2016	TOPSIS
48.	ERP Selection using an AHP-based Decision Support System	2016	AHP
49.	Prioritizing Sustainable Transport Projects through Multicriteria Group Decision Making: Case Study of Tianjin Binhai New Area, China	2016	Próprio
50.	Application Of The Analytic Hierarchy Process (AHP) Method With Absolute Measurement In A Qualitative Selection Problem	2016	AHP
51.	Introduction to soft-set theoretic solution of project selection problem	2016	AHP, Soft Set Theory
52.	Using the strategic relative alignment index for the selection of portfolio projects application to a public Venezuelan Power Corporation	2015	ANP
53.	Technology Foresight About R&D Projects Selection; Application of SWARA Method at the Policy Making Level	2015	SWARA
54.	Project Portfolio Management as a new Management Tool	2015	DEMATEL, ANP, Linear Programming
55.	A TOPSIS multi-criteria multi-period approach for selecting projects in sustainable development context	2015	TOPSIS
56.	0-1 Goal Programming Aided AHP - Vikor Integrated Method: An Application Of Hospital Investment Project Selection	2015	VIKOR, 0-1 AHP, Goal Programming
57.	A Hybrid Program Projects Selection Model for Nonprofit TV Stations	2015	ANP, TOPSIS
58.	A Multi-stage Multi Criteria Model for Portfolio Management	2014	Goal Programming
59.	Applying a Hybrid MCDM Model for Six Sigma Project Selection	2014	ANP, VIKOR, DEMATEL
60.	A fuzzy bi-objective mathematical model for optimum portfolio selection by considering inflation rate effects	2013	NSGA-II
61.	A Multi-criteria Multi-stakeholder Industrial Projects Prioritization in Gaza Strip	2013	AHP
62.	Highway improvement project selection by the joint consideration of cost-benefit and risk criteria	2013	Próprio
63.	A hybrid fuzzy multiple criteria group decision making approach for sustainable project selection	2013	TOPSIS, Goal Programming
64.	A novel two-phase group decision making approach for construction project selection in a fuzzy environment	2012	ANP, VIKOR
65.	MCDM Based Project Selection by F-AHP & VIKOR	2011	AHP, VIKOR
66.	Using the fuzzy analytic network process for selecting technology R&D projects	2011	ANP

Fonte: Elaboração própria, 2019.

Quadro 9. Artigos do Filtro 2 – Métodos aplicados no PPM (continuação)

Nr.	Artigo	Ano	Método ou técnica
67.	Decision-making on prioritization of projects in higher education institutions using the analytic network process approach	2010	ANP
68.	Integrated Multiple-Criteria Decision-Making Method to Prioritize Transportation Projects	2010	AHP, TOPSIS
69.	A comprehensive model for selecting information system project under fuzzy environment	2009	Próprio, fuzzy,
70.	Multicriteria decisions on interdependent infrastructure transportation projects using an evolutionary-based framework	2009	Knapsack, NSGA-II
71.	Decision Making on Project Selection in High Education Sector Using the Analytic Hierarchy Process	2009	AHP

Fonte: Elaboração própria, 2019.

Na análise dos 71 artigos acima selecionados no filtro 2, a fim de se identificar quais o método mais predominante, após os dados tabulados e consolidados, verificou-se qual a frequência em que os métodos de apoio a decisão foram contemplados nos estudos, e se sozinhos ou em propostas híbridas com outros métodos. Dos 4 artigos classificados com método ‘vários’, verificou-se que se tratavam de revisão de literatura ou sistemática que não destacavam a aplicação de nenhum MCDM em específico, por isso não puderam entrar na classificação dos métodos. Os demais identificados foram classificados por ordem de frequência e por tipo de MCDM, resultando na consolidação apresentada no Quadro 10:

Quadro 10 – Métodos aplicados no PPM

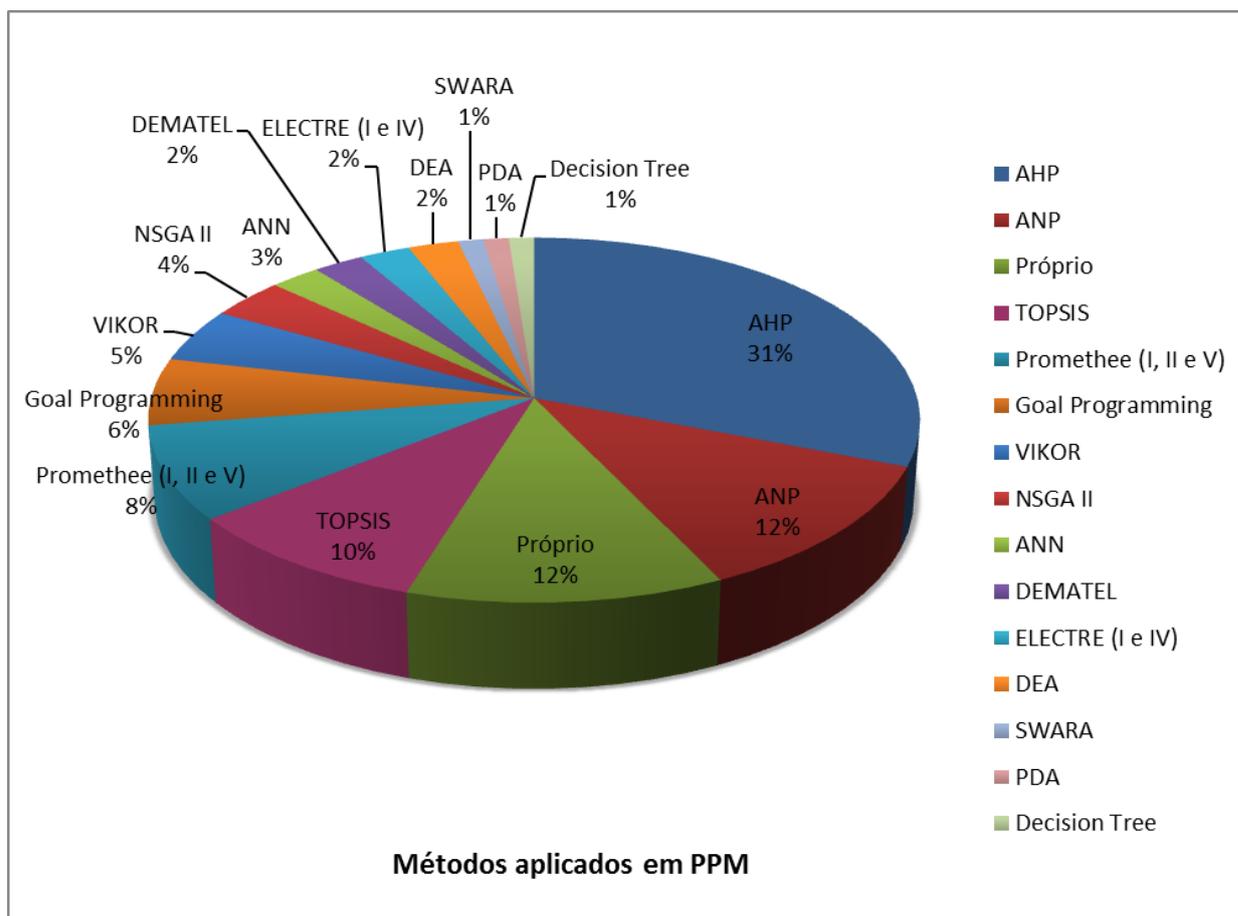
MCDM	Utilizado isoladamente	Utilizado com outros métodos	Total
AHP	16	10	26
ANP	5	5	10
Próprio	10	-	10
TOPSIS	3	5	8
PROMETHEE (I, II e V)	4	3	7
Goal Programming	3	2	5
VIKOR	-	4	4
NSGA II	1	2	3
ANN	2	-	2
DEMATEL	-	2	2
ELECTRE (I e IV)	1	1	2
DEA	1	1	2
SWARA	1	-	1
PDA	1	-	1
Decision Tree	1	-	1

Fonte: Elaboração própria, 2019.

Nesta etapa da pesquisa, com base nos resultados do 2º Filtro, verificou-se o método AHP como o mais predominante na literatura de 2009 a 2019 com 31 % no total geral da pesquisa dos métodos de apoio a decisão e 35,1% entre as publicações que utilizaram algum método aplicado, ou seja, exceto os artigos que apresentaram um método próprio ou artigos de revisão de literatura. Em segundo lugar, aparece o método ANP, com 12 % do total geral de pesquisas e com 13,3% entre as publicações que utilizaram algum método aplicado. As publicações que utilizaram um método próprio representaram 11,9% do total pesquisado.

O método TOPSIS ficou em quarto lugar com 10%, seguido pelo PROMETHEE (I, II e IV) com 8%, *Goal Programming* com 6%, VIKOR com 5%, entre outros, como o DEMATEL com 2% aplicado em conjunto com ANP, que assim como o VIKOR que não aparece aplicado unicamente, mas como uma técnica utilizada junto com outro método, nas ocorrências desta etapa da pesquisa, mais ampla e sem especificar nenhum método na busca realizada nas bases indicadas, conforme metodologia já detalhada na seção 2. A figura abaixo representa a composição dos métodos de apoio a decisão aplicados em PPM de 2009 a 2019:

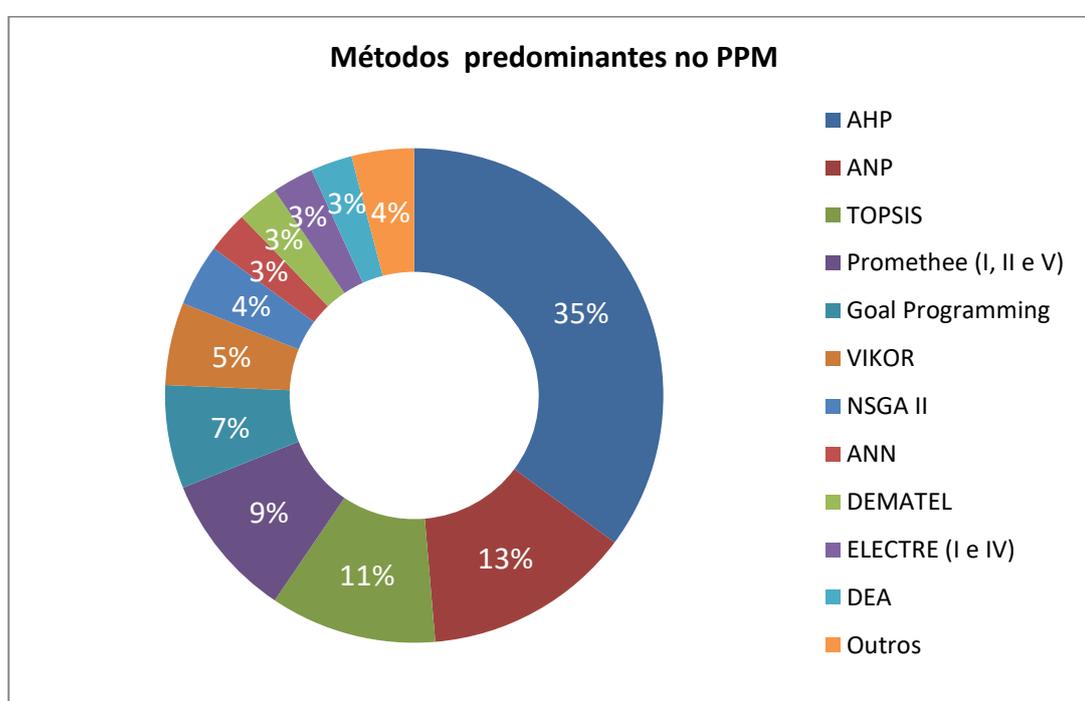
Figura 9 – Métodos utilizados para PPM entre 2009 e 2019



Fonte: Elaboração própria, 2019.

Observa-se ainda que, juntos, os métodos AHP e ANP possuem 43 % de ocorrência entre os métodos, e retirando-se os artigos que apresentam métodos próprios e ou vários métodos simultaneamente, esse número sobe para 48,6% dos estudos que utilizaram algum método científico de apoio à decisão, assim conclui-se que os métodos AHP e ANP são os métodos mais predominantemente utilizados entre os métodos multicritérios de apoio à tomada de decisão, conforme ilustrado na figura 10 a seguir. É importante salientar que o método ANP ainda é relativamente recente, o que significa que o número de estudos futuros utilizando este método provavelmente ainda crescerá em magnitude e importância.

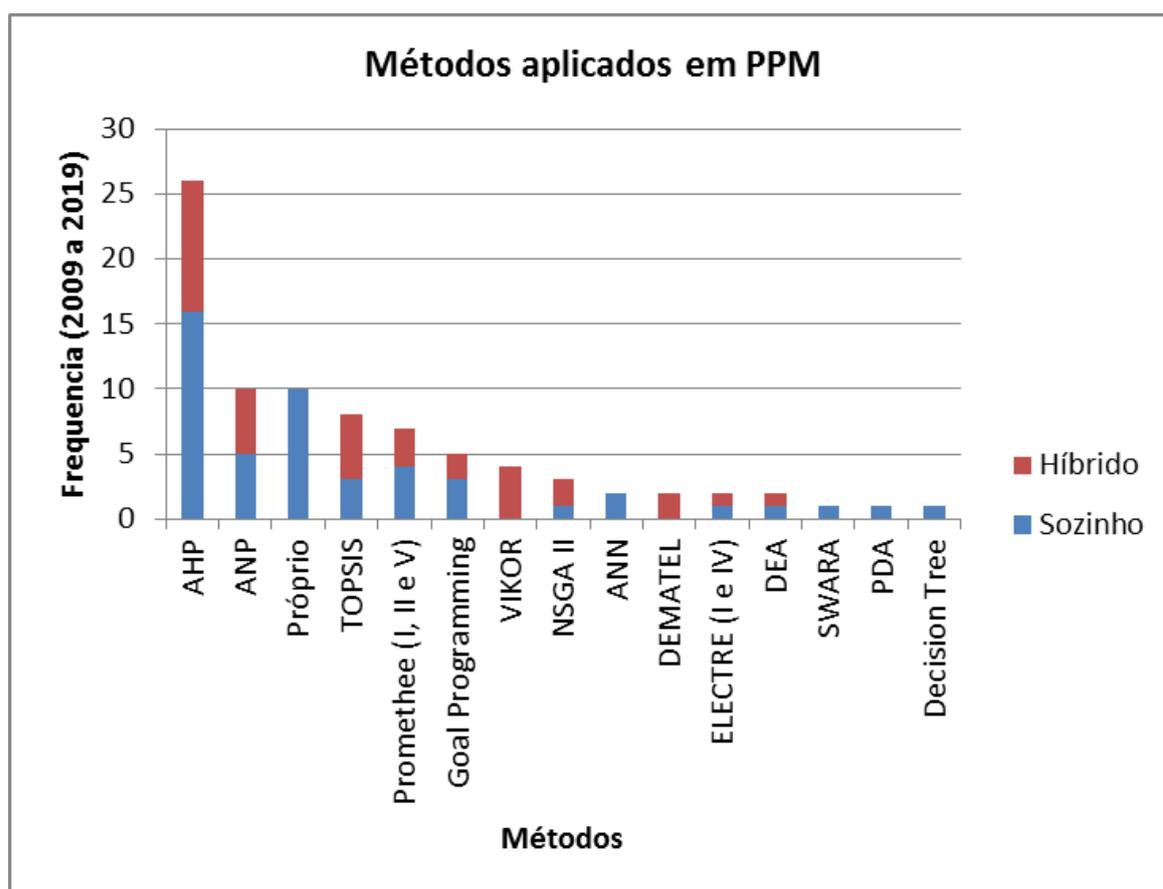
Figura 10 – MCDM mais utilizados para PPM entre 2009 e 2019.



Fonte: Elaboração própria, 2019.

Observa-se também que AHP e ANP foram os métodos mais utilizados em propostas híbridas, ou seja, aplicados de forma combinada com outros métodos ou técnicas de para apoio à decisão, representando juntos 48,6% entre os 6 métodos de apoio à decisão trazidos na pesquisa, seguido pelo método TOPSIS com 11%, conforme composição da predominância representada na figura 11 a seguir:

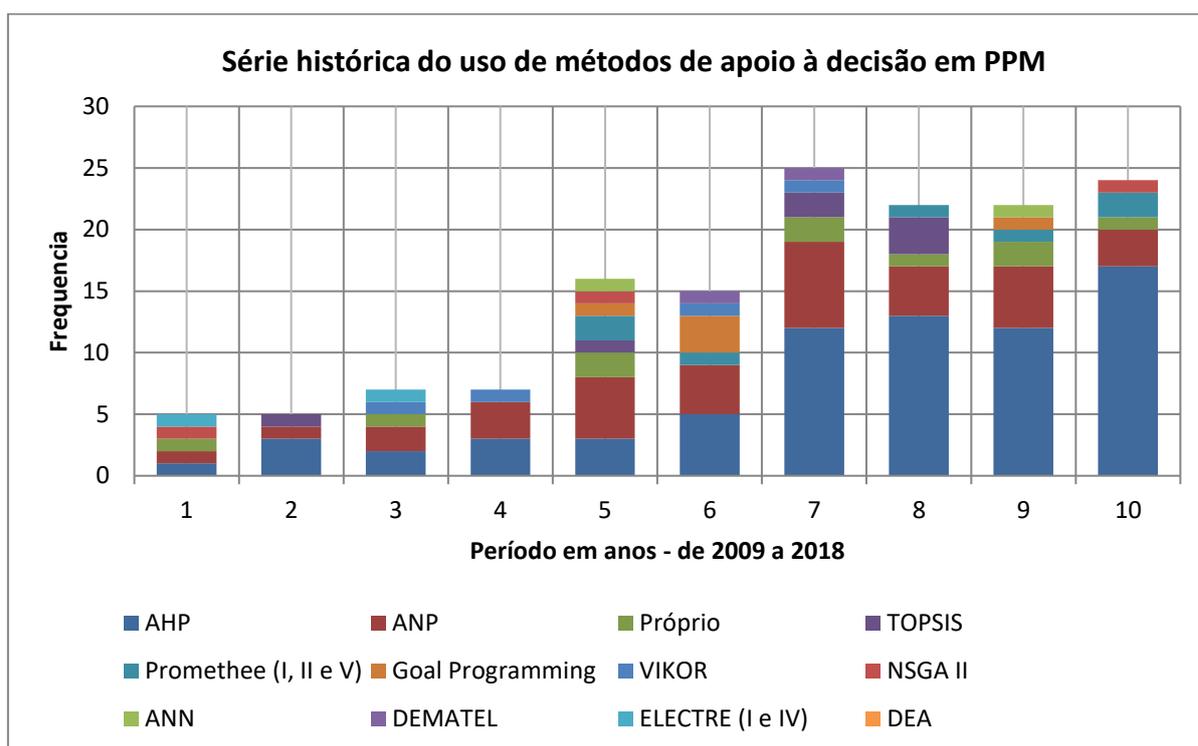
Figura 11 – Composição dos métodos aplicados para PPM entre 2009 e 2019.



Fonte: Elaboração própria, 2019.

Cumprindo-se assim a 1ª etapa da pesquisa, com vistas a responder à seguinte questão: Q1 – Quais métodos de apoio a decisão em portfólio de projetos de inovação são mais predominantes na literatura? Além de confirmada a predominância dos métodos ANP e AHP, com base nas informações obtidas na revisão sistemática, também foi possível consolidar os dados ano a ano e construir uma série histórica dos últimos 10 anos com os métodos aplicados em PPM, encontrando-se o mapa a seguir:

Figura 12 – Série histórica do uso dos métodos em PPM



Na figura 12 acima, além da predominância dos métodos AHP e ANP desde o início da série histórica, observa-se também que, a partir de 2013 (barra 5 da figura 12), houve um aumento significativo de publicações sobre aplicação de métodos de apoio a decisão no gerenciamento de portfólio de projeto sendo que a maioria das publicações 57,7% foram a partir de 2015 e essa tendência se mantém crescente até os dias atuais.

Após os resultados obtidos para a Q1, em continuidade, ao processo de análise dos dados da revisão sistemática, buscou-se responder a segunda questão (Q2) - Quais dentre os métodos predominantes foram considerados mais adaptados à prática gerencial?

Para isso, foram considerados como os mais adaptados aqueles mais utilizados na prática gerencial, assim foram levantados artigos publicados com uso específico dos métodos multicritérios AHP e ANP em propostas práticas implementadas, ou seja, com uso na prática gerencial. Os resultados desta etapa são apresentados nos tópicos a seguir.

4.3 ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS EM PPM

Na busca pela aplicação do método AHP na prática gerencial, após a 2ª seleção do 3º Filtro, conforme descrito na metodologia, foram encontrados 57 artigos com uso do AHP aplicados em PPM, conforme lista apresentada no Quadro 10 a seguir:

Quadro 10. Artigos do Filtro 3 – AHP aplicado no PPM

Nr.	Artigo	Ano	Método ou técnica
1.	Development of a Systematic Approach to Project Selection for Rural Economic Development	2010	AHP
2.	Assessment of techno-entrepreneurship projects by using Analytical Hierarchy Process (AHP)	2018	AHP
3.	The Use of AHP for IT Project Prioritization – A Case Study for Oil & Gas Company	2015	AHP
4.	Project selection and prioritization in Iranian Aluminium Company (IRALCO)	2012	AHP
5.	Building a Project Portfolio in a Social Enterprise. Analysis and Implementation of Project Selection Methods	2013	AHP
6.	A Novel Model of Strategically Aligned Portfolio Optimization through Fuzzy project prioritization.	2014	AHP
7.	Fuzzy Multi-attribute Evaluation of Investments	2014	AHP
8.	ERP consultant selection problem using AHP, fuzzy AHP and ANP: A case study in Turkey	2012	AHP
9.	Prioritization of Research Proposals Using the Analytic Hierarchy Process – AHP	2013	AHP
10.	Using Analytic Hierarchy Process as a Decision-Making Tool in Project Portfolio Management	2015	AHP
11.	Implementation of New Hybrid AHP–TOPSIS–2N Method in Sorting and Prioritizing of an it CAPEX Project Portfolio	2018	AHP
12.	O problema de seleção de portfólio de projetos de pesquisa em instituições de ensino: um estudo de caso	2017	AHP
13.	Multi-criteria Project Prioritization In A Professional Master's Program	2015	AHP
14.	Seleção e alocação de recursos em portfólio de projetos: estudo de caso no setor químico	2010	AHP
15.	A three-stage decision-making model for selecting electric vehicle battery technology	2015	AHP
16.	Integrating GIS and AHP to Prioritize Transportation Infrastructure Using Sustainability Metrics	2015	AHP
17.	A two phased fuzzy methodology for selection among municipal projects	2015	AHP, TOPSIS
18.	Reclamation project selection using fuzzy decision-making methods	2015	AHP, Yager's
19.	Software Design Projects Selection by Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Method	2015	AHP, TOPSIS
20.	A systematic approach to select the optimal project portfolios for green manufacturing: An empirical study on TFT-LCD fabrication processes	2015	AHP, GRA, BIP
21.	0-1 Goal Programming Aided AHP - Vikor Integrated Method: An Application Of Hospital Investment Project Selection	2015	AHP, VIKOR
22.	A Group Decision Making Approach Using Interval Type-2 Fuzzy AHP for Enterprise Information Systems Project Selection	2015	AHP, Type 2 Fuzzy sets
23.	A combined approach for fuzzy multi-objective multiple knapsack problems for defense project selection.	2014	AHP
24.	Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies	2014	AHP, TOPSIS

Fonte: Elaboração própria, 2019.

Quadro 10. Artigos do Filtro 3 – AHP aplicado no PPM (continuação)

Nr.	Artigo	Ano	Método ou técnica
25.	A Multi-Criteria Project Assessment Framework for R&D Organizations in the IT Sector	2014	AHP
26.	Portfolio selection of distributed energy generation projects considering uncertainty and project interaction under different enterprise strategic scenarios	2019	AHP
27.	A fuzzy AHP-based methodology for project prioritization and selection	2019	Fuzzy AHP
28.	Multi-Criteria Analysis for decision making applied to active distribution network planning	2018	AHP
29.	Project portfolio management with the support of the AHP method	2018	AHP
30.	Prioritization of project proposals in portfolio management using fuzzy AHP	2018	AHP
31.	Cobit 5-Based Approach for IT Project Portfolio Management: Application to a Moroccan University	2018	AHP, TOPSIS
32.	A goal programming capital budgeting model under uncertainty in construction industry	2018	Fuzzy AHP, Goal Programming
33.	Knowledge Contribution as a Factor in Project Selection	2018	AHP
34.	Single Valued Neutrosophic Numbers and Analytic Hierarchy Process for Project Selection	2018	AHP, SVN-numbers
35.	Research Project Selection and Classification using MCDA Methods	2018	AHP, Promethee II
36.	The Establishment and Application of AHP-BP Neural Network Model for Entrepreneurial Project Selection	2018	AHP, BP Neural Networks
37.	A rating system for building resilience	2018	AHP
38.	Model For Investment Decision Making by Applying The Multi-Criteria Analysis Method	2018	AHP
39.	Prioritization of Business Analytics Projects Using Interval Type-2 Fuzzy AHP	2018	Type-2 Fuzzy AHP
40.	The Conceptual Framework of the Government-Sponsored Rural Road Improvement Project Evaluation and Selection	2018	AHP
41.	Application of FEAHP Method in Noise Protection Projects Selection: The Case of Serbian Public Roads	2017	FEAHP
42.	A multicriteria sorting approach based on data envelopment analysis for R&D project selection problem	2017	AHP
43.	Analysis of development projects of computer applications applying the Hierarchical Analytical Process	2017	AHP
44.	The index system for project selection in ecological industrial park: A China study	2017	FAHP
45.	The Deployment of Systems in Cloud Computing Environment: A Methodology to Select and Prioritize Projects	2017	AHP
46.	Selecting of Monorail projects with analytic hierarchy process and 0-1 goal programming methods in Ankara	2017	AHP
47.	Selection of rail system projects with analytic hierarchy process and goal programming	2017	AHP, Goal Programming

Fonte: Elaboração própria, 2019.

Quadro 10. Artigos do Filtro 3 – AHP aplicado no PPM (continuação)

Nr.	Artigo	Ano	Método ou técnica
48.	Optimization Methods for Activities Selection Problems	2017	AHP, 0-1 Goal Programming
49.	Selecting Health Care Improvement Projects: A Methodology Integrating Cause-and-Effect Diagram and Analytical Hierarchy Process	2017	AHP
50.	ERP Selection using an AHP-based Decision Support System	2016	AHP
51.	Application of the analytic hierarchy process (AHP) method with absolute measurement in a qualitative selection problem	2016	AHP
52.	Application of integrated strengths, weaknesses, opportunities, and threats and analytic hierarchy process methodology to renewable energy project selection in Serbia	2016	AHP
53.	Modeling selection criteria of R&D projects for awarding direct subsidies to the private sector	2016	AHP
54.	The Evaluation of Criteria and Subcriteria of Research Project Selection Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process Method	2016	AHP
55.	Urban Renewal Project Selection Using the Integration of AHP and PROMETHEE Approaches	2016	AHP, PROMETHEE
56.	Prioritization of Six-Sigma project selection A resource-based view and institutional norms perspective	2016	AHP
57.	A hybrid method using FAHP and TOPSIS for project selection	2016	AHP, TOPSIS

Fonte: Elaboração própria, 2019.

Identificou-se que, do total dos 57 (cinquenta e sete) artigos, 41 (quarenta e um) artigos (72%) apresentaram soluções com o método AHP aplicado sozinho e outros 16 artigos (28%) com uso do AHP em conjunto com diversos outros métodos, sendo que destes, cinco (8,8%) foram em proposta híbrida com o método TOPSIS, dois artigos com o método *Goal Programming* e dois artigos com o método PROMETHEE, entre outros.

Agregando-se os resultados encontrados na pesquisa do filtro anterior, 2º filtro MCDM (Quadro 9), levando-se em conta apenas os artigos que tiveram o AHP entre os métodos aplicados e que não constavam no Quadro 10 acima, identificou-se mais dezesseis publicações com uso do AHP em PPM, sendo que destes, nove com o método AHP sozinho e sete com o método AHP aplicado junto com outros métodos. Assim, somando-se os artigos do 3º filtro (57 artigos) com os artigos que apareceram somente nos filtros iniciais (16 artigos), tem-se no total 73 (setenta e três) artigos, confirmando assim que o método multicritério AHP é o mais aplicado em PPM entre todos os demais métodos nos últimos 10 (dez) anos, conforme demonstrado na figura 13 a seguir.

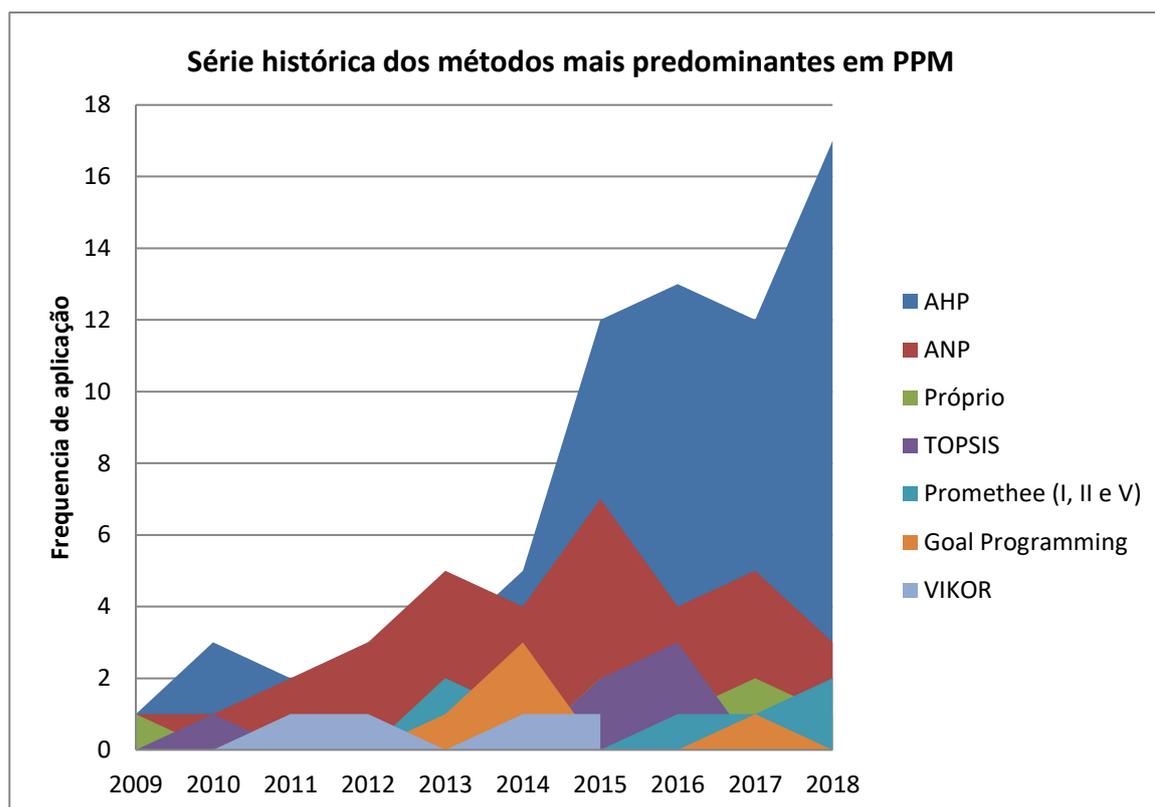


Figura 13 – Série histórica dos principais métodos em PPM
Fonte: Elaboração própria, 2019.

Após a determinação do método mais predominante na literatura e utilizado em soluções para PPM, buscou-se identificar as aplicações para o segundo método mais predominante, o ANP, conforme demonstrado na figura 13 acima. Os resultados estão apresentados na seção 4.4 a seguir.

4.4 ANALYTICAL NETWORK PROCESS NA GESTÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS

Na busca por estudos com a aplicação do ANP na prática gerencial, após a 2ª seleção do 4º filtro, conforme descrito na metodologia, foram encontrados 33 artigos com uso do ANP aplicados em PPM, conforme lista apresentada no Quadro 11 a seguir:

Quadro 11. Artigos do Filtro 4 – ANP aplicado no PPM

Nr.	Artigo	Ano	Método ou técnica
1.	Strategic project portfolio selection for national research institutes	2015	ANP, DEMATEL
2.	An Analytic Network Process (ANP) Approach to the Project Portfolio Management for Organizational Sustainability	2009	ANP
3.	A Consistent Fuzzy Preference Relations Based ANP Model for R&D Project Selection	2017	ANP, CFPR, COPRAS-G, Fuzzy
4.	Using the strategic relative alignment index for the selection of portfolio projects application to a public Venezuelan Power Corporation	2015	ANP
5.	Management of Dynamic Project Portfolio	2014	ANP
6.	Selection of maintenance, renewal and improvement projects in rail lines using the analytic network process	2017	ANP
7.	ERP consultant selection problem using AHP, fuzzy AHP and ANP: A case study in Turkey	2012	AHP, Fuzzy AHP, ANP
8.	Project Portfolio Management As A New Management Tool	2015	ANP, DEMATEL, Linear Programming
9.	Integration Of A New MCDM Approach Based on The DEA, F ANP With Monlp for Efficiency-Risk Assessment To Optimize Project Portfolio By Branch And Bound: a Real Case-Study	2018	FANP
10.	Multi Criteria Decision Making Techniques And Knapsack Approach For Clustering, Evaluating And Selecting Projects	2018	ANP, K-MEANS, Knapsack
11.	Framework de avaliação da complexidade de projetos em portfólios de engenharia civil	2017	ANP
12.	Evaluation and Selection of Sustainable Strategy for Green Supply Chain Management Implementation	2018	Fuzzy ANP
13.	Evaluating regional low-carbon tourism strategies using the fuzzy Delphi-analytic network process approach	2017	Delphi-ANP
14.	Modern Trends In Project Portfolio Management	2017	ANP
15.	Decisions on quality assurance criteria of recreational beaches	2016	ANP
16.	A Decision Tool for Selecting a Sustainable Learning Technology Intervention	2016	ANP
17.	An integrated multi-criteria decision-making methodology for conveyor system selection	2016	ANP
18.	Multi-Criteria Dynamic Project Portfolio	2016	ANP
19.	A contrast between DEMATEL-ANP and ANP methods for six sigma project selection: a case study in healthcare industry	2015	ANP, DEMATEL
20.	A Hybrid Program Projects Selection Model for Nonprofit TV Stations	2015	ANP, TOPSIS
21.	Lean Six Sigma project selection using hybrid approach based on fuzzy DEMATEL-ANP-TOPSIS	2015	DEMATEL, ANP, TOPSIS

Fonte: Elaboração própria, 2019.

Quadro 11. Artigos do Filtro 4 – ANP aplicado no PPM

Nr.	Artigo	Ano	Método ou técnica
22.	A Methodology for Selecting Portfolios of Projects	2015	DEMATEL, ANP, Linear Programming
23.	A Hybrid Fuzzy Analytic Network Process Approach to the New Product Development Selection Problem	2014	FANP
24.	Applying a Hybrid MCDM Model for Six Sigma Project Selection	2014	ANP, VIKOR, DEMATEL
25.	A hybrid fuzzy group decision support framework for advanced-technology prioritization at NASA	2013	ANP, TOPSIS
26.	Resource Allocation in Road Infrastructure Using ANP Priorities with ZOGP Formulation-a case study	2013	Fuzzy Delphi, ANP, Z-O Goal Programming
27.	Combined MCDM approaches for century-old Taiwanese food firm new product development project selection	2013	ANP, TOPSIS
28.	An integrated decision making model for district revitalization and regeneration project selection	2013	ANP, Fuzzy Delphi
29.	One approach for road transport project selection	2013	ANP
30.	A novel two-phase group decision making approach for construction project selection in a fuzzy environment	2012	ANP, VIKOR
31.	One Model For Rail Infrastructure Projects Selection	2012	ANP
32.	A Model For Prioritization Of Rail Infrastructure Projects Using ANP	2011	ANP
33.	Using the fuzzy analytic network process for selecting technology R&D projects	2011	ANP

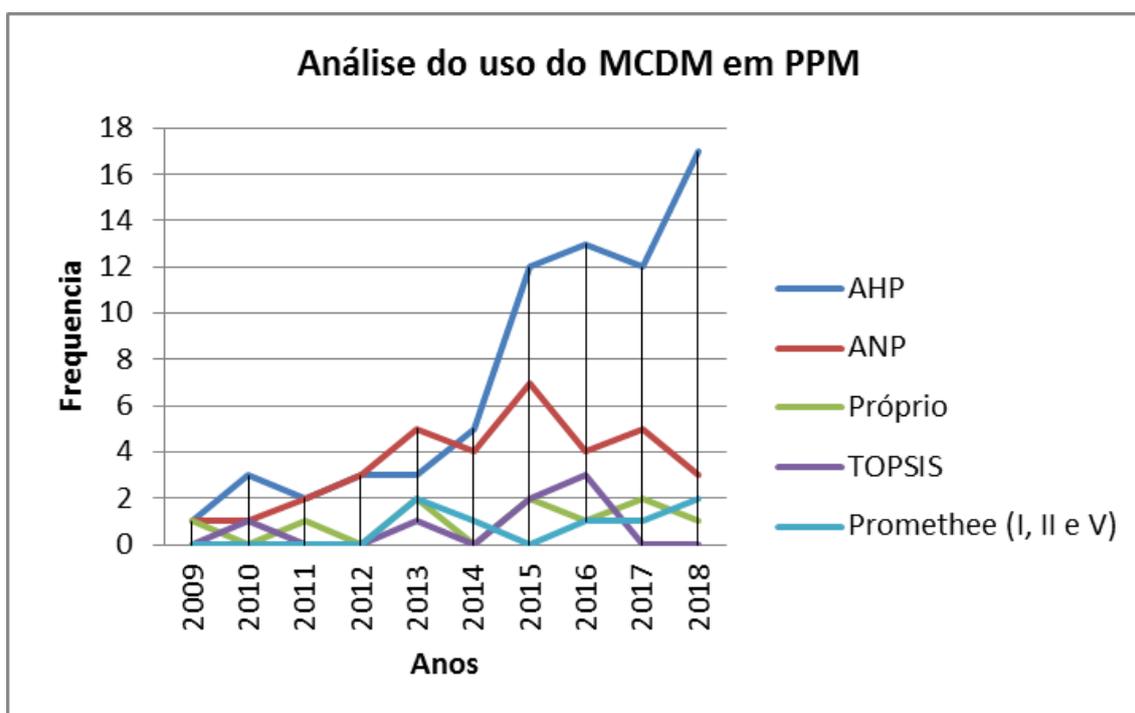
Fonte: Elaboração própria, 2019.

Verifica-se que, do total dos 33 artigos, 18 artigos (54,5%) apresentaram soluções com o método ANP aplicado sozinho e outros 16 artigos (48,4%) com uso do ANP em conjunto com diversos outros métodos, sendo que destes últimos, seis (18%) foram em proposta híbrida com o método DEMATEL e cinco (15%) com o método TOPSIS, entre outros.

Agregando-se parte dos resultados encontrados na pesquisa do segundo filtro MCDM (Quadro 9) apenas com aqueles artigos que tiveram ANP entre os métodos aplicados e que não constavam na listagem acima, identificou-se apenas mais uma publicação, de 2010, que usa o método ANP em PPM.

Assim, tem-se no total geral de todos os filtros, 34 artigos abordando e aplicando o método ANP nos últimos 10 anos, classificando-o dessa forma como o segundo método mais aplicado em PPM., ficando num patamar acima de artigos que propõem modelos próprios, conforme demonstrado na figura 14 abaixo:

Figura 14 – Série histórica dos principais métodos em PPM



Fonte: Elaboração própria, 2019.

Observa-se, porém, que o método ANP teve um pico de uso em PPM em 2015, mas em 2016 e 2018 apresentou tendência de queda, mas mesmo assim seu uso se manteve acima de todos os demais métodos, exceto o AHP, que ao contrário, teve um crescimento significativo no mesmo período. Isto revela a escolha de um método em detrimento de outro, após aplicação. No caso da AHP versus ANP, o aspecto mais ressaltado nos artigos são o entendimento do método e a facilidade de adaptação para melhor aplicação no contexto da empresa.

O resultado da pesquisa também indica que a modelagem computacional através dos softwares *Expert Choice* para o método AHP e os *Superdecisions* para AHP e ANP, pode ter contribuído para que o AHP tenha sido amplamente estudado e aplicado em diferentes contextos e segmentos de empresas, tanto por empresas públicas quanto privadas, em todo o mundo, considerando a diversidade de áreas de atuação das empresa e estudos encontrados nos artigos.

Esses resultados da pesquisa são importantes como indicativo dos métodos mais utilizados para auxílio às empresas no aprimoramento da gestão de portfólios de projetos, porque também revelam nos seus resultados, os impactos positivos que a adoção de um método trouxe ou pode trazer para as empresas. Como ressaltaram CHENG e LI (2005), um

método efetivo de seleção de projetos ajuda a garantir uma melhor utilização dos recursos e uma maior contribuição dos projetos para a missão e os objetivos da empresa.

O que se confirma na análise dos artigos estudados, onde os métodos AHP e ANP foram referenciados como adaptáveis e abrangentes, ao possibilitarem a construção e análise de um conjunto de critérios financeiros e não financeiros. Além disso, o AHP vem demonstrando ser de melhor aceitação pelos stakeholders envolvidos em processos decisórios, o que colaborou para a sua popularidade, facilitando também a adoção do ANP lançado posteriormente, sendo ambos considerados métodos simples e intuitivos, também que sua melhor utilização requer uma ferramenta de suporte, como os softwares *Superdecisions* ou *Expert Choice*.

Por outro lado, vale lembrar importante aspecto trazido por Triantaphyllou & Mann (1995): “os métodos MCDM devem ser usados como ferramentas de suporte à decisão e não como os meios para se derivar a resposta final. As conclusões da solução devem ser tomadas de forma leve e utilizadas apenas como indicações sobre qual a melhor resposta possível.”

Isto torna relevante o conhecimento dos diferentes métodos de apoio a decisão, o entendimento do seu funcionamento, a escolha do método mais adequado para cada contexto e negócio, e os resultados encontrados nas diferentes aplicações. Além disso, fazem com que a pesquisa no campo da seleção e priorização de projetos no PPM seja contínua e necessária e relevante para auxiliar as diferentes empresas e instituições de ciência e tecnologia, que empreendem múltiplos projetos, a aprimorar este processo no seu PPM.

5. CONCLUSÃO

Visando contribuir para o avanço do conhecimento na principal temática da gestão de portfólio de projetos de inovação - a seleção e priorização de projetos – esta revisão sistemática apresentou um panorama dos métodos multicritérios de apoio a decisão, tendo como objetivo identificar quais os métodos de apoio a decisão mais utilizados e quais fatores levaram à predominância dos primeiros métodos multicritérios destacados.

Para isso, como estratégia metodológica para considerar os resultados dos estudos ao longo dos últimos 10 anos, esta pesquisa desenvolveu uma revisão sistemática sobre o uso de métodos de apoio a decisão utilizados no processo decisório da gestão de portfólio de inovação, considerando 180 artigos publicados no período entre 2009 a 2019, conforme critérios e filtros apresentados na seção de metodologia.

Ao longo deste artigo foi apresentada também a importância do aperfeiçoamento do processo decisório no âmbito da gestão de portfólio de projetos de inovação, especialmente no tema da seleção e priorização de projetos, sobre a decisão de em quais projetos investir os recursos disponíveis, visando a otimização dos resultados do portfólio. Foi destacado como este aperfeiçoamento impacta diretamente no resultado estratégico a ser alcançado pelo portfólio de projetos, sendo considerado um fator crítico em instituições com grande número e variedade de projetos, motivo que também levou a uma grande quantidade de pesquisas e publicações nesta área, considerado a principal temática da gestão de portfólios.

Na revisão de literatura, verificou-se que a modelagem computacional é muito utilizada nas publicações avaliadas, para melhor entendimento de um sistema decisório real, seus critérios e variáveis, e por meio da aplicação de métodos multicritérios de análise, que permite o aprimoramento deste processo de seleção e priorização de projetos por causa das suas características, que envolvem a análise de múltiplos critérios, financeiros e não-financeiros.

Como resultados desta pesquisa, foram listados e classificados os estudos selecionados conforme os critérios, e os resultados quantitativos foram analisados e representados graficamente, contemplando também a série histórica com os métodos de apoio a decisão mais frequentemente aplicados na gestão de portfólio de projetos. Este estudo assim é considerado bem-sucedido, os resultados encontrados respondem à questão proposta. Neste aspecto, esta pesquisa conclui que, entre os métodos multicritérios de apoio à decisão aplicados no gerenciamento de portfólio de projetos, os métodos AHP e ANP, métodos próprios de empresas e o TOPSIS, nesta ordem, são os métodos mais populares, de acordo com a sua predominância nos estudos.

Entre os fatores que levaram à predominância, destacou-se que os métodos AHP e ANP foram referenciados como adaptáveis e abrangentes, ao possibilitarem a construção e análise simultânea de múltiplos critérios, financeiros e não financeiros. Além disso, o AHP vem demonstrando ser de fácil aceitação pelos stakeholders envolvidos em processos decisórios, fato comprovado pelo elevado número de publicações com o uso do AHP, em relação aos demais métodos.

Desta forma, os resultados desta pesquisa responderam à questão proposta e obteve sucesso nas respostas tanto na identificação dos métodos predominantes em PPM como na identificação dos fatores que levaram à predominância, concluindo com sucesso este estudo.

Além disso, verificou-se ainda na revisão sistemática, que o método ANP tem potencial de permitir uma melhor decisão na seleção de projetos, uma vez que, com a estrutura da análise em rede, e não de forma hierárquica, possibilita a representação da influência entre os critérios de seleção, o que permite um processo decisório mais embasado na realidade e aplicável à seleção de projetos em um ambiente complexo, como aqueles com muitas variáveis interdependentes e ligadas a risco, oportunidade, alinhamento estratégico, entre outras, que se influenciam e que são mais bem representadas por uma estrutura de análise em rede, onde são mapeadas as interrelações e os impactos nas variáveis ao se modificar determinado critérios de avaliação.

Destacou-se também a importância da modelagem computacional, muito utilizada nas publicações avaliadas, para melhor entendimento do sistema decisório real, seus critérios e variáveis, e que por meio da aplicação de métodos multicritérios, permite aprimorar o processo de seleção e priorização de projetos, que envolvem a análise de múltiplos critérios, financeiros e não-financeiros.

Neste artigo ficou demonstrada a importância de se aperfeiçoar o processo decisório sobre em quais projetos investir os recursos disponíveis, visando a otimização dos resultados do portfólio, destacando-se como isto impacta diretamente no resultado estratégico empresarial. Por isto este é considerado um fator crítico em empresas com grande número e variedade de projetos, e justifica a grande quantidade de pesquisas e publicações neste tema.

Assim, pelo volume de estudos publicadas, foi necessário limitar o período deste estudo para englobar projetos de novos produtos no período dos últimos 10 anos. As limitações desta pesquisa são oportunidades de estudos futuros nesta temática, que trarão oportunidades de ampliar os estudos sobre a utilização dos métodos multicritérios para outros períodos e segmentos de aplicação.

Dada a relevância do tema para os resultados estratégicos de empresas e ICTs, sugere-se pesquisas futuras com foco nos fatores que mais contribuem para uma melhor seleção dos critérios de avaliação e nos fatores motivadores da adoção de diferentes métodos de análise multicritérios pelas empresas, iluminando os diferentes aspectos para a escolha dos métodos.

Sugere-se também pesquisas envolvendo a proposição de *frameworks* para auxiliar na adoção de métodos multicritérios de apoio a decisão nos processos decisórios de seleção e priorização de projetos em PPM, para diferentes segmentos empresariais, fomentando assim o avanço no conhecimento neste campo tão relevante para auxiliar as diferentes empresas e ICTs a aprimorar a gestão Gestão de Portfólios de Projetos.

REFERÊNCIAS

AL-HAWARI, T. et al., **Application of the Analytic Network Process to facility layout selection**. Journal of Manufacturing Systems, Vol. 33, p. 488–497, 2014.

ALMEIDA, A.T. **O conhecimento e o uso de métodos multicritério de apoio à decisão**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2010.

ALMEIDA, J. A de. **Modelo multicritério para seleção de portfólio de projetos de sistema de informação**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2012.

ALMEIDA, A. T. DE. **Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério**. [s.l.] Atlas S.A. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2013.

ARRATIA M. N. M et al. **Static R&D project portfolio selection in public organizations**. Decision Support Systems N.84, p. 53–63, 2016.

BATTISTONI et al. **Analytic Hierarchy Process for New Product Development**. International Journal of Engineering Business Management, 2013

CAMPOS, Maria B. A.. **Métodos multicritérios que envolvem a tomada de decisão**. Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Matemática, 2011.

CHANG, P. e LIN, H., **Manufacturing Plant Location Selection in Logistics Network Using Analytic Hierarchy Process**. Journal of Industrial Engineering and Management - JIEM, Vol. 8(5), p. 1547-1575, 2015.

CHENG, Eddie W. L.. LI, Heng. **Analytic Network Process Applied to Project Selection** journal of construction engineering and management © ASCE. April, 2005 p. 459, disponível em [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131:4\(459\)](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:4(459)) Acessado em 08 de janeiro de 2018.

CLARK, K.B.; WHEELWRIGHT, S.C. **Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality**. Free Press, New York, 1992.

CLARK, K.B.; WHEELWRIGHT, S.C. **Managing new product and process development: text and cases**. New York: Maxwell Macmillan International, 1993.

COOPER, R.; EDGETT, S.; KLEINSCHMIDT, E.J. **Portfolio Management for New Products**. 2nd Ed. Perseus Publishing, MA. 1998

COOPER, R.; EDGETT, S.; KLEINSCHMIDT, E. J. **New Product Management: Practices and Performance**. Journal of Product Innovation Management, v. 16, n. 4, p. 333 - 351, 1999.

COOPER, R. G., EDGETT, S. J. KLEINSCHMIDT, E. J. , “**New Problems, New Solutions: Making Portfolio Management more effective** “, Research-Technology Management, V. 43-2. 2000.

FIGUEIREDO P., LOIOLA E. **Enhancing New Product Development (NPD) Portfolio Performance by Shaping the Development Funnel**. Journal of Technology Management & Innovation vol 7, no 4. Universidad Alberto Hurtado, Facultad de Economía y Negocios 2012.

GOMES, L. F. A. M., ARAYA, M. C. G., CARIGNANO, C., **Tomada de decisões em Cenários Complexos**, Ed. Pioneira Thompson Learning, São Paulo. 2004

GOMES, L. F. A. M. GOMES, C. F. S. ALMEIDA, A. T. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. 4. ed. Atlas, S. Paulo, 2012.

GOMES, C. et al. **Aplicação do método AHP com abordagem ratings para ordenação das lojas de uma rede de varejo em função do Risco de crédito**. XVIII Simpósio de Engenharia de Produção. Gestão de projetos e Engenharia de produção. São Paulo, 2010.

GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Ed. Atlas, 2002

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. Trad. Daniel Grassi – 2. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2001.

KIM, S. H. e LEE, J. W., **Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection**. Computers & Operations Research, Vol. 27, p. 367-382, 2000.

KIRYTOPOULOS, K. et al., **An effective Markov based approach for calculating the Limit Matrix in the analytic network process**. European Journal of Operational Research, Vol. 214, p. 85–90, 2011.

LIMA, Maria T. A. de. **Modelo de priorização de projetos de automação em uma empresa de saneamento**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2011.

MOHANTY et al. **A fuzzy ANP based approach to R D project selection A case study**. International Journal of Production Research,. Vol. 43, No. 24, 5199–5216, 15 December 2005, disponível em [http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00207540500219031?](http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00207540500219031?needAccess=true) need Access=true, acessado em 10 de janeiro de 2018.

OCDE. Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Manual de Oslo: Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica**. [S. l.]: Disponível em: <http://gestiona.com.br/wpcontent/uploads/2013/06/Manual-de-OSLO-2005.pdf>. Acessado em: 13 de maio de 2017. OCDE; FINEP, 1997.

PATANAKUL, P. **Key attributes of effectiveness in managing project portfolio**. International Journal of Project Management 33, p. 1084–1097, 2015.

PMI, Project Management Institute. **The Standard for Portfolio Management - Thrid Edition**. Newton Square, PA. 2013

ROY, B. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1996.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. Pittsburgh: RWS Publications, 1980.

SAATY, T. L. **How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process**. European Journal of Operational Research, North Holland, v.48, p. 9-26, 1990.

SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. São Paulo: Makron Books, 1991.

SAATY, T. L. **Fundamentals of the Analytic Network Process**. Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process (ISAHP). August, 1999.

SAATY, T. L. **Fundamentals of the Analytic Network Process – Multiple Networks with Benefits, Costs, Opportunities and Risks**. Journal of Systems Science and Systems Engineering, vol. 13, no. 3, pp348-379, september, 2004.

SAATY, T. L. **Super Decisions Software**, RWS Publications, Pittsburgh, PA (2004), Super Decisions. Version 2.0.8. and the Creative Decision Foundation disponível em: <<http://www.superdecisions.com>>. Acesso em: maio de 2017. 2004

SAATY, T. L. **Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs and Risks**, 1st ed., Pittsburgh: RWS Publications. 2005

SAATY, T. L. **Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes**. Eur. J. Operat. Res. 168: 557-570, 2006.

SALOMON, V. A. P. & MONTEVECHI, J. A. B. **Método de Análise em Redes: O Sucessor do Método de Análise Hierárquica?** Revista Produto & Produção, disponível em abepro.org.br, acessado em 27 de maio de 2017. 1998

SARKIS, J. **A strategic decision framework for green supply chain management**. Journal of Cleaner Production. V. 11, p. 397–409. 2003

TERWIESCH, Christian, Karl T. Ulrich **Innovation Tournaments: Creating and Selecting Exceptional Opportunities**, Harvard Business School Press. 2009.

TRIANANTAPHYLLOU, E. MANN S. H. **Using The Analytic Hierarchy Process For Decision Making in Engineering Applications: Some Challenges**. International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice, Vol. 2, No. 1, pp. 35-44, 1995. Disponível em http://www.csc.lsu.edu/trianta/Journal_PAPERS1/AHPapls1.pdf Acessado em 07 de janeiro de 2018.

VARGAS, Ricardo. **Using the analytic hierarchy process (AHP) to select and prioritize projects in a portfolio**. Analytical hierarchy process, earned value and other project management themes – a compendium of technical articles, disponível em <http://rvarg.as/compendium> Artigo apresentado no PMI Global Congress 2010 – North America - Washington - DC – USA – 2010.

VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid**. New York: John Wiley & Sons, 1992.

ZOPOUNIDIS, C., PARDALOS Panos M. **Handbook of multicriteria analysis**. New York, NY: Springer. 2010.

Artigo 2

**Modelo para seleção de projetos em Gestão de Portfólio de Inovação utilizando
Analytic Network Process e algoritmo de Aprendizado de Máquina com Regressão
Logística**

**A model for project portfolio selection and prioritization using the Analytic Network
Process method and a machine learning algorithm with logistic regression**

Rosana Vieira Albuquerque

Doutoranda em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial
Professora, Centro Universitário SENAI CIMATEC
Av. Orlando Gomes, 1845, Piatã, 41650-010, Salvador, BA, Brasil.
E-mail: rosanavieiraalbuquerque@gmail.com

Valter de Senna

Doutor em Pesquisa Operacional
Professor Associado, Centro Universitário SENAI CIMATEC
Av. Orlando Gomes, 1845, Piatã, 41650-010, Salvador, BA, Brasil.
E-mail: valter.senna@gmail.com

Paulo Soares Figueiredo

Doutor em Administração
Professor Adjunto, Escola de Administração da UFBA
Avenida Reitor Miguel Calmon s/n Vale do Canela, 40110-903, Salvador, BA, Brasil.
E-mail: paulo_s_figueiredo@hotmail.com

RESUMO

Esta pesquisa no âmbito da modelagem computacional e tecnologia industrial tem foco no processo de seleção e priorização de projetos no contexto da gestão de portfólio de múltiplos projetos de inovação, com emprego de alta tecnologia e grande quantidade de recursos alocados. Trata-se de um problema atual, dinâmico e que se reflete no comportamento gerencial e no resultado estratégico a ser alcançado pelo portfólio, sendo tema crítico em instituições com grande número e variedade de projetos de inovação com emprego de alta tecnologia, como as ICTs. Esta pesquisa propõe um modelo gerencial para aperfeiçoar o processo decisório que envolve o fluxo de formação de um portfólio de projetos, desde a avaliação de ideias até o desenvolvimento de novos produtos, em etapas pré-determinadas, e que deve contemplar a análise simultânea de diversos critérios pré-estabelecidos, além de considerar o comportamento de variáveis interdependentes e os impactos de cada decisão no alcance dos resultados definidos nos objetivos estratégicos de uma organização. A modelagem computacional foi utilizada para entendimento desse sistema real e para criação do modelo proposto, que considera a avaliação dos critérios em um ambiente complexo de tomada de decisões, como no SENAI, onde as variáveis ligadas a risco, oportunidade, alinhamento estratégico, entre outras, se influenciam e são mais bem representadas por uma estrutura de análise em rede. Esta pesquisa é do tipo empírico-analítica, baseada em revisão de literatura para embasar a construção de um modelo gerencial para seleção e priorização de projetos de inovação, e tendo como objeto de estudo o Edital de Inovação para a Indústria, iniciativa escolhida pela sua representatividade nacional como um dos principais meios de fomento à inovação para aumento da competitividade da indústria brasileira, que financia o desenvolvimento de produtos, processos e serviços inovadores com expressivo aporte de recursos financeiros. Por meio deste estudo do caso, foi examinado o processo atual e desenvolvida uma proposta utilizando o método multicritério de apoio à decisão *Analytic Network Process (ANP)* e um algoritmo de aprendizado de máquina com regressão logística, que busca ser aplicável ao processo decisório em gestão de portfólios em diferentes empresas.

Palavras-chave: Gestão de Portfólio de Projetos, Analytic Network Process, Aprendizado de Máquina. Regressão Logística. Seleção e priorização de projetos. Métodos de apoio a decisão.

ABSTRACT

This research in computational modeling and industrial technology focuses on the process of selection and notation of project project management, high technology technology and large amount of allocated resources. Proportion of a managerial model to improve the decision-making process that involves the flow of training of a portfolio of projects, from an idea assessment to the development of new products, in predetermined stages, and that should contemplate the simultaneous analysis of many of the criteria. in addition to considering the behavior of interdependent variables and the impacts of each decision without achieving the results defined in the strategic objectives of an organization. This is a current and dynamic problem that is reflected without management behavior and the strategic result to be achieved by portfolio, being a critical issue in institutions with a large number and variety of innovation projects, such as SENAI. A computational methodology for the understanding of the real system, and for proposal creation, rather than an application of the methods for the selection process and the prioritization of projects will consider an evaluation of the criteria in a complex decision-making environment, where variables related to Risk, Opportunity, Strategic Alignment, among others, are influenced and are better represented by a network analysis structure. This research is of empirical-analytical type, in literature review, seeking to base a construction of a managerial model for selection and prioritization of innovation projects. The object of validity of the research is the set of projects of the Notice of Innovation for Industry, chosen for its national representativeness as one of the main initiatives to foster innovation to increase competition in the Brazilian industry, financing the development of products, processes and services. with significant financial resources. By means of the case study (SENAI), the current process will be examined, the proposal was developed with the computational modeling using the multicriteria method of decision support Network analytical process and a machine learning algorithm with regression logistic, for preliminary validation of the proposed model, which seeks to be applicable to multinational companies.

Keywords: Project Portfolio Management, Analytic Network Process, Machine Learning, Logistic Regression. Project Selection and Prioritization, Multi-Criteria Decision Methods.

1. INTRODUÇÃO

Com o advento da globalização, que se caracteriza por um conjunto de transformações integradas em várias áreas como econômica, política, social e cultural ao longo das últimas décadas, estreitou-se o relacionamento entre empresas e países tornando o mercado extremamente competitivo. Sturgeon *et al* (2014) destaca que “a globalização vem promovendo mudanças radicais no processo produtivo mundial, ao longo dos últimos 20 anos. O tradicional fluxo de bens finais e serviços deu lugar a uma complexa rede global de intercâmbio de produtos intermediários, investimentos e tecnologias.”

Nesse contexto, as empresas vêm buscando a diferenciação de seus produtos através da inovação para aumentar significativamente a sua competitividade e alavancar sua posição no mercado. Com isso, a inovação nas empresas tem se tornado cada vez mais o principal foco da gestão estratégica, que tem buscado aprimorar os processos gerenciais, para melhor priorizar, selecionar, executar e avaliar os projetos de inovação, e assim aumentar a performance dos recursos alocados e dos resultados obtidos.

Segundo o PMI (2013), o Gerenciamento de Portfólio de Projetos (*Project Portfolio Management (PPM)*) se aprimorou com o crescimento do volume e da complexidade de projetos, e busca proporcionar ferramentas que direcionem a avaliação com base na priorização na alocação de recursos, abarcando um portfólio de projetos que estão alinhados às estratégias organizacionais.

Verifica-se que o foco da gestão de portfólios de desenvolvimento de projetos de novos produtos, ou PPM, é sobre escolhas estratégicas. E o processo decisório de seleção e priorização dos projetos de uma instituição, seja ela de pesquisa, inovação ou uma empresa industrial, é de fundamental importância para a alocação correta e equilibrada dos recursos disponíveis, de forma a trazer o retorno e os benefícios esperados para os investidores e capital intelectual para as empresas.

Um portfólio é formado por um conjunto de projetos de inovação, que seguem estágios pré-determinados (*stage-gates*) e são gerenciados de forma sistêmica através de com critérios de seleção e priorização (COOPER, 1998), e que ainda permita a formulação de visões sobre o conjunto de projetos.

Na busca pela inovação alinhada à estratégia empresarial, a gestão de portfólios de múltiplos projetos de inovação, com emprego de alta tecnologia e grande quantidade de recursos alocados, contribui para o aumento da performance gerencial, mas é um desafio cada vez maior para os gestores de inovação.

O processo decisório para seleção e priorização de projetos de inovação engloba todo o fluxo de formação do portfólio de projetos, desde a avaliação de ideias até o desenvolvimento de novos produtos, em etapas pré-determinadas. Este processo ocorre com frequência com base no perfil e na experiência dos gestores, nas diversas variáveis de desempenho de cada projeto, e no julgamento dos avaliadores. Contudo, este processo decisório deve contemplar, simultaneamente, a análise de vários critérios pré-estabelecidos, financeiros e não financeiros.

Esse é um desafio que também vem sendo enfrentado pelos gestores no Edital de Inovação para a Indústria (EII), uma iniciativa nacional valoriza a prática de inovação nas indústrias brasileiras, financiando o desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços. Neste EII, empresas de qualquer porte podem se inscrever nas cinco categorias do Edital, que é realizado por meio da parceria entre o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e o Serviço Social da Indústria (SESI). Os projetos submetidos passam pelas fases eliminatórias e classificatórias, as quais incluem vários requisitos a serem cumpridos conforme critérios pré-definidos no Edital, com a seleção baseada no julgamento de avaliadores a cada chamada, ou no modelo mais recente, em processo contínuo de seleção e priorização de projetos candidatos.

Isso acontece porque, sobretudo no contexto empresarial, a quantidade de ideias é superior à disponibilidade de recursos para desenvolvê-las, necessitando de um processo decisório estruturado para selecionar aqueles projetos com maior chance de sucesso para receberem investimentos. Entretanto, conforme explicitado no Artigo 1 desta tese, observa-se que esse processo acontece de maneira diversificada nas empresas, algumas adotam diferentes técnicas, com diferentes resultados para o PPM, em um ambiente complexo e multidimensional, onde não se observa a incorporação da experiência da empresa e sim o julgamento dos avaliadores.

Identifica-se também a oportunidade de aprimoramento constante desse processo pelas empresas, que poderia se beneficiar com a definição de um modelo, com métodos, ferramentas

e técnicas, para apoiar o processo decisório de priorização e seleção de projetos ao longo dos estágios (*stage-gates*), para que o portfólio possa gerar os melhores resultados (benefícios) estratégicos para as organizações.

Esta pesquisa se insere neste contexto e busca analisar o processo decisório de seleção e priorização de projetos de uma ICT, avaliando os fatores que influenciam as escolhas dos projetos candidatos na formação do portfólio, com vistas a otimizar a possibilidade de sucesso da estratégia empresarial, considerando a análise de impacto das decisões gerenciais.

A tese aqui proposta afirma que é possível aprimorar o processo decisório de seleção e priorização de projetos através da modelagem computacional, com adoção de um método multicritério de apoio à decisão e de um algoritmo de aprendizado de máquina com regressão logística, que possibilita incorporar a experiência empresarial em seleções anteriores, reduzindo a subjetividade no julgamento dos projetos, dentre outras contribuições da pesquisa.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

O Edital de Inovação para a Indústria é um exemplo de implementação do processo de seleção e priorização de projetos de inovação. Iniciativa que envolve recursos do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e o Serviço Social da Indústria (SESI), desde 2004 já apoiou mais 650 instituições e atualmente busca investir mais de R\$ 53 mi em desenvolvimento de projetos inovadores em empresas industriais e startups de base tecnológica, selecionados por um Comitê Técnico, através de editais em 6 (seis) diferentes categorias (CNI, 2017):

- A. Inovação Tecnológica para Grandes e Médias Empresas;
- B. Inovação Tecnológica para Micro e Pequenas Empresas, MEI e Startups de Base Tecnológica;
- C. Empreendedorismo Industrial;
- D. Inovação em Segurança e Saúde no Trabalho e Promoção da Saúde;
- E. Inovação Setorial em Segurança e Saúde no Trabalho (SST) e Promoção da Saúde;
- F. Empreendedorismo Industrial em Segurança e Saúde no Trabalho e Promoção da Saúde.

A seleção e priorização de projetos de desenvolvimento de novos produtos segue um conjunto de critérios estabelecidos no Edital publicado, que são avaliados e pontuados por um comitê, com base em especificidades de cada uma dessas categorias, e que se encontram descritas em cadernos específicos do edital, nos quais são detalhados: i) o público alvo; ii) a duração e os valores dos projetos; iii) as contrapartidas; iv) os elementos financiáveis e não-financeáveis; v) os requisitos formais obrigatórios para a participação; vi) cronograma dos ciclos de avaliação; vii) a forma da submissão de propostas; e viii) a forma de avaliação das ideias e projetos (CNI, 2017).

Considerando que empresas de todos os portes podem inscrever ideias para desenvolver produtos, processos e serviços inovadores, todos os candidatos, com diferentes perfis, concorrem pelos recursos limitados e pelo suporte de 86 (oitenta e seis) institutos da rede SENAI no país, em número de 2020, sendo de 26 Institutos de Inovação e 60 Institutos de Tecnologia do SENAI, para apoio na execução dos projetos.

Para atender à demanda de avaliação de centenas de projetos de inovação inscritos nas categorias A e B do edital, já foram treinados mais de 200 avaliadores, entre professores com alta formação acadêmica, para atuar na avaliação dos projetos conforme critérios pré-estabelecidos e assim se selecionar e priorizar projetos de diferentes áreas.

Considerando que nestas duas categorias (A e B) os temas são amplos, e qualquer empresário pode submeter projetos em qualquer área, a questão mais crítica na composição do portfólio de projetos selecionados incide sobre o julgamento dos avaliadores sobre os projetos de inovação candidatos

Contudo, o processo decisório do Edital de Inovação atualmente não utiliza nenhum método multicritério de apoio à decisão nas categorias A, B e C, mas os gestores consideram-se que o processo atual poderia ser aprimorado para se obter uma melhor escolha final dos projetos candidatos e reduzir a subjetividade no julgamento dos avaliadores, considerando que nem todos os projetos selecionados conseguiram ser desenvolvidos, concluídos e se obter o sucesso esperado. Além disso, houve ocorrência de revisão de resultados, por diversos motivos, para melhor alinhamento estratégico, revisão de julgamentos e melhor análise de viabilidade dos projetos selecionados.

Essa situação não vem sendo diferentes entre as categorias, mas o processo de seleção e priorização de projetos na categoria C pode ser considerado ainda mais crítico, porque nesta

categoria, cada empresa âncora tem sua cultura própria, conjunto de valores, foco, prioridade, critérios próprios e geralmente não tem familiaridade com esse tipo de processo decisório, gerando para cada empresa, um processo específico e diferente dos demais, com etapas diferentes, critérios com pesos diferentes e avaliações mais fechadas, por vezes, gerando maior dificuldade de acompanhamento pela ICT (SENAI).

Outrossim, ainda que treinados, há tendência dos avaliadores em compreender melhor e avaliar melhor os projetos dos temas afins ao seu perfil (área, formação), e isto se agrava pelo fato de não estar sendo utilizado atualmente neste processo nenhum dos métodos multicritérios para balanceamento das decisões, acarretando sinais de viés no julgamento dos projetos e, conseqüentemente, problemas com as críticas recebidas pela seleção final da cada etapa de avaliação, onde notas dos avaliadores já precisaram ser revistas e alteradas, para realinhamento aos critérios.

O problema identificado, portanto, consiste na falta de um modelo sistematizado de seleção de projetos que possa garantir a alocação mais eficiente de recursos através de uma melhor avaliação, priorização e seleção de projetos candidatos. Assim, o presente artigo trata do problema de decisão que surge ao longo do processo de avaliação de um elevado número de projetos de inovação envolvendo múltiplas variáveis.

Este processo de decisão na gestão de portfólio de inovação é uma questão atual, dinâmica e de multicritério, que reflete no comportamento gerencial e no resultado estratégico a ser alcançado pelo portfólio, sendo tema crítico em muitas instituições com grande número e variedade de projetos de inovação, com emprego de alta tecnologia, assim como o SENAI.

1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

Considerando o contexto e a situação problema apresentada, a questão central que norteia esta pesquisa é: Como aperfeiçoar o processo decisório de seleção e priorização de projetos na gestão de portfólios de inovação em ICTs e em empresas que possuam processos similares aos do SENAI?

1.3 OBJETIVOS

Para responder a esta pergunta de pesquisa, foram definidos os seguintes objetivos a seguir.

1.3.1. Objetivo Geral

Criação de um modelo para aperfeiçoar a seleção e priorização de projetos na gestão de portfólio de inovação, utilizando o método de apoio a decisão *Analytic Network Process* e um algoritmo de aprendizado de máquina supervisionado com regressão logística.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Investigar os métodos multicritérios de apoio à decisão aplicáveis à seleção e priorização de projetos de inovação – cujo resultado foi apresentado e discutido no Artigo 1;
2. Examinar o processo atual de seleção e priorização de projetos de inovação, caracterizando as etapas, envolvidos, critérios e resultados na composição do portfólio dos projetos de inovação apoiados pela ICT selecionada (SENAI), identificando as oportunidades de melhoria e as variáveis e inter-relações a serem consideradas;
3. Desenvolver um modelo gerencial para seleção e priorização de projetos de inovação utilizando o método multicritério de apoio à decisão selecionado (ANP) e também um algoritmo de aprendizado de máquina supervisionado com regressão logística;
4. Avaliar o modelo proposto ao processo de seleção e priorização de projetos de inovação junto à ICT selecionada (SENAI), a partir da modelagem e simulação computacional utilizando os dados do EII no software *SuperDecisions* e no algoritmo desenvolvido.

1.4. JUSTIFICATIVA

Este é considerado um importante objeto de estudo porque o desenvolvimento de novos produtos gerados através dos projetos de inovação, seja em uma ICT ou em uma empresa industrial, tem intensa utilização de recursos humanos e físicos, representando investimentos muito altos, com possibilidade de geração de patentes, e isso afeta diretamente

a competitividade da indústria brasileira. Essa função é ainda mais potencializada em ICTs que atuam em conjunto com outros agentes, através de redes de inovação, que podem ser compostas por outras ICTs, empresas e governo.

No caso do SENAI, além de parcerias nacionais e internacionais, foi estruturada uma rede formada por 28 institutos de inovação e de tecnologia, com foco em projetos de desenvolvimento em novas soluções para o avanço tecnológico industrial no Brasil. Nesse contexto, a iniciativa do EII vem apoiando desde 2004 e atualmente tem uma expressiva representatividade para a indústria, como demonstrada na figura 1 a seguir.

Figura 1. Dados históricos do Edital de Inovação para a Indústria (EII).



Fonte Site CNI, 2020.

Considerando esse cenário, esta pesquisa busca trazer relevante contribuição tanto para o setor industrial, quanto para ICTs, bancos de investimentos e agências de fomento à inovação, quanto também para a comunidade científica interessada neste tema, pois o modelo proposto trará uma contribuição acadêmica pelo seu caráter inovador na área do conhecimento dos métodos de auxílio aos tomadores de decisão, especialmente pela incorporação de um método multicritério de apoio a decisão em um modelo que contempla a adoção da Inteligência Artificial (IA) através de um algoritmo de aprendizado de máquina supervisionado com uso de regressão logística, cujo resultado representará a aplicação do aprendizado único gerado pelas experiências da própria ICT, em um relevante processo de gestão, e que possibilitará a geração de diretrizes para melhoria de seu desempenho gerencial.

1. 5. ESTRUTURA DO ARTIGO

Este artigo está estruturado em 5 seções.

A primeira seção apresenta uma introdução do contexto desta pesquisa, fundamentando a definição do problema de pesquisa, a defesa da tese, seus objetivos, justificativa e benefícios esperados.

A segunda seção apresenta o referencial teórico da pesquisa, com 5 subseções.

Na primeira subseção, é apresentada uma síntese das contribuições sobre Gestão de Portfólios de projetos de inovação, ressaltando-se a importância de se aprimorar o processo decisório do PPM.

Na segunda, apresenta-se um resumo sobre a escolha do método multicritério ANP. Ambos os temas da primeira e segunda subseções já foram tratados detalhadamente no Artigo 1 desta tese.

A terceira subseção, traz a contribuição da modelagem computacional para a solução proposta. A quarta subseção apresenta aspectos conceituais sobre algoritmo de aprendizado de máquina, incluindo uma apresentação da linguagem de programação utilizada na solução proposta, e a quinta subseção explica a contribuição do método estatístico da regressão logística, que junto com as anteriores, compõe o conjunto das ferramentas utilizadas na solução proposta.

Na terceira seção, são detalhados os procedimentos, métodos e técnicas de metodologia da pesquisa empregados neste artigo, incluindo o detalhamento das fases de coleta de dados, análise de dados e desenvolvimento do modelo proposto, referenciando os instrumentos de pesquisa utilizados, que estão disponibilizados nos Apêndices deste trabalho.

A quarta seção se destina à apresentação e análise dos dados coletados e discussão dos resultados, contemplando três subseções: a) descrição do processo atual; b) análise das oportunidades de melhoria identificadas no processo atual, e; c) novo modelo para seleção e priorização de projetos da ICT, incluindo os fundamentos do modelo proposto, o passo a passo da modelagem computacional, detalhando-se as etapas do modelo com a aplicação dos métodos selecionados e o uso de ferramentas computacionais, discutindo as implicações da

adoção do modelo proposto para as melhorias necessárias identificadas no processo atual, e por último, a avaliação do modelo pela ICT.

Na quinta seção, são apresentadas as conclusões, incluindo uma síntese do problema e objetivos do estudo, a resposta ao problema de pesquisa e uma síntese dos resultados, destacando as contribuições da tese, e por fim, as limitações do estudo e as recomendações para futuras pesquisas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Esta seção neste 2o artigo da tese tem como objetivo apresentar o resumo da revisão realizada sobre as discussões por outros autores acerca dos conceitos-chaves abordados no novo modelo proposto. Assim, inclui a seleção dos significados e informações relevantes dos conceitos principais que compõe o referencial teórico da pesquisa, relacionando-os entre si, com vistas ao embasamento e articulação da proposta aqui apresentada com a revisão de literatura realizada acerca do tema desta pesquisa, distribuídas em cinco subseções apresentadas a seguir.

2.1 GESTÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS DE INOVAÇÃO E AS ICTs

Esta seção tem como finalidade trazer uma síntese das contribuições sobre Gestão de Portfólios de projetos de inovação, ressaltando-se a importância de se aprimorar o processo decisório de seleção e priorização de projetos no PPM e a aplicação em ICTs.

A dinâmica deste processo foi ressaltada por Cooper *et al.* (1999) ao conceituar gestão de portfólio “um processo dinâmico onde os projetos são constantemente alterados e revisados”. Assim, existem três principais objetivos do gerenciamento de portfólio: a) valor máximo; b) balanceamento, e c) alinhamento estratégico.

Isto ocorre porque a seleção e priorização de projetos na gestão de portfólio de inovação é um processo dinâmico, que precisa ser cada vez mais ágil e está inserido num contexto considerado como um sistema complexo, com variáveis interdependentes e com diferentes impactos no resultado final, onde:

- a) Variáveis financeiras, estratégicas, de balanceamento de portfólio, e ligadas a risco, oportunidade, entre outras, devem ser consideradas ao mesmo tempo, e otimizadas, para uma decisão mais acertada;
- b) As decisões e resultados de etapas anteriores afetam as condições encontradas no portfólio das etapas subsequentes;
- c) As escolhas finais dos decisores (avaliadores e gestores) refletem no resultado estratégico a ser alcançado pelo portfólio de projetos, e
- d) Essas decisões ocorrem com mais frequência e mais impacto em instituições com grande número e variedade de projetos de inovação com emprego de alta tecnologia.

A gestão de portfólio assim trata os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) como um *player* do mercado financeiro trata os investimentos financeiros. Os players atuam no mercado, preferencialmente, em áreas sobre as quais eles têm conhecimento e investem em ações que têm potencial de retorno. Por isso, os critérios-chave na seleção de projetos de inovação costumam ser alinhamento estratégico e retorno financeiro, mais frequentemente representado pelo valor presente líquido (VPL) (COOPER, 1998).

O processo decisório na gestão de portfólio de inovação é uma questão atual, dinâmica e de multicritério, pois é necessário avaliar um conjunto de variáveis estratégicas e financeiras, interdependentes, para se realizar uma escolha otimizada e compor a melhor carteira de projetos que realize a estratégia definida.

As ICTs, assim como as empresas de médio e grande porte e as instituições que atuam no fomento à inovação industrial, também possuem este desafio ao selecionar periodicamente projetos de desenvolvimento de novos produtos, de diferentes segmentos industriais, nos quais serão investidos os recursos disponíveis.

A Lei Federal nº 10.973, no artigo 2º, parágrafo V (BRASIL, 2004) define ICT como:

“V - Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação (ICT): órgão ou entidade da administração pública direta ou indireta ou pessoa jurídica de direito privado sem fins lucrativos legalmente constituídos sob as leis brasileiras, com sede e foro no País, que inclua em sua missão institucional ou em seu objetivo social ou estatutário a pesquisa básica ou aplicada de caráter científico ou tecnológico ou o desenvolvimento de novos produtos, serviços ou processos; ”.

Nestas instituições, o portfólio é o conjunto de projetos que recebem financiamento, quer simultaneamente ou sequencialmente, ao longo de um período de tempo. A alocação de recursos é a tarefa que constrói esse portfólio e é conhecida como um problema de seleção de portfólio de projetos. Este problema tem vários aspectos que estão presentes em aplicações da vida real (ARRATIA *et al.*, 2016) Assim considera-se as ICTs como representativas para o conjunto de empresas que buscam aprimorar o processo decisório de seleção de projetos.

Outro aspecto relevante, é que as ICTs desempenham uma função importante no Sistema Nacional de Inovação brasileiro (SNI), impactando diretamente e ao mesmo tempo:

- a) No avanço da economia nacional, através do desenvolvimento de novos produtos e serviços, fornecendo ao setor produtivo tecnologias inovadoras e aplicáveis aos diferentes setores industriais e sociais, contribuindo para o aumento da competitividade do país; e
- b) No conhecimento científico, através do desenvolvimento de pesquisa básica e/ou aplicada de caráter tecnológico ou científico, gerando conhecimento novo nos mais diversos projetos de inovação.

Nesse contexto, e considerando também as informações já apresentadas na seção de Justificativa, incluindo os dados da Figura 1, a ICT SENAI foi considerado como representativa como objeto de estudo para análise do processo decisório na gestão de portfólio no âmbito de instituições com grande número e variedade de projetos de inovação, com emprego de alta tecnologia, para as quais se busca avaliar se os modelos com análises preditivas podem aperfeiçoar o processo de seleção e priorização de projetos.

2.2 MÉTODO MULTICRITÉRIO DE APOIO A DECISÃO ANP

Esta seção apresenta uma síntese sobre a escolha do método multicritério ANP, considerando o conjunto do detalhadamente sobre os métodos de apoio à decisão e a revisão sistemática sobre os métodos aplicado em PPM, discutidos no Artigo 1 desta tese.

De acordo com Saaty (2001), o Analytic Network Process (ANP) é a estrutura mais abrangente para a análise de decisões sociais, governamentais e corporativas que está disponível hoje para o tomador de decisão. É um processo que permite incluir todos os fatores e critérios, tangíveis e intangíveis, que influenciam a melhor decisão. O ANP permite interação e feedback dentro de clusters de elementos (dependência interna) e entre clusters

(dependência externa). Esse feedback captura melhor os efeitos complexos da interação na sociedade humana, especialmente quando o risco e a incerteza estão envolvidos.

O ANP, desenvolvido por Thomas L. Saaty, fornece uma maneira de inserir julgamentos e medições para derivar prioridades de escala de razão para a distribuição de influência entre os fatores e grupos de fatores na decisão. Como o processo é baseado na derivação de medidas de escala de razão, ele pode ser usado para alocar recursos de acordo com suas prioridades de escala de razão. Os modelos ANP têm duas partes: a primeira é uma hierarquia de controle ou rede de objetivos e critérios que controlam as interações no sistema em estudo; a segunda são as várias sub-redes de influências entre os elementos e clusters do problema, uma para cada critério de controle. (SAATY, 2001)

No Artigo 1, ao se estudar os dois métodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) predominantes na literatura, os métodos AHP e o ANP se destacaram, e trouxe subsídios que permite destacar as principais vantagens e desvantagens, descritas no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1. Principais vantagens e desvantagens dos métodos AHP e ANP

	AHP	ANP
VANTAGENS	Facilidade na estruturação dos critérios, sejam internos ou externos, e na análise par a par	Estrutura em rede com interdependência e feedback
		Abarca a complexidade do ambiente do portfólio de projetos com os elementos tangíveis e intangíveis melhor representados
	Útil quando os custos e benefícios dos projetos não são conhecidos	Projeção futura do impacto das decisões tomadas
		Trabalha a não dualidade das decisões
DESVANTAGENS	Susceptibilidade a inconsistência	Dependência do julgamento subjetivo dos gestores
	Estrutura hierárquica (muitos problemas não são representados hierarquicamente porque há interdependência)	

Fonte: Elaboração própria, 2019.

Identificou-se a diferença da influência entre o modelo em hierarquia (AHP) e o de rede (ANP), onde ambos utilizam a tabela de escala fundamental de Saaty (2004), figura 2 abaixo, e como ocorrem a análise e o julgamento por meio da avaliação da importância de um critério em relação a outro (comparativo par a par).

Figura 2. Escala Fundamental

Escala numérica	Escala verbal	Descrição
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência ou juízo favorece levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
2, 4, 6, 8	Valores Intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: Adaptado de SAATY (2004)

Os fluxos dos recursos com os quais toda empresa opera (dinheiro, materiais, informação, pessoas) têm influência uns sobre os outros, e qualquer alteração que se faça em um deles provoca mudanças (esperadas ou não, imediatas ou não) nos demais (FORRESTER, 2003), e isso pode não ser facilmente percebido pelos gestores na tomada de decisões sem considerar a complexidade da cada situação.

Dessa forma, é possível perceber que a inconsistência é um efeito do resultado do processo de seleção, e uma das justificativas para a escolha do ANP para a priorização de projetos, é porque possibilita uma modelagem e análise mais próxima da realidade devido à sua estrutura em rede, resultando em decisões pensadas não só com base na situação atual, mas também em projeções futuras do cenário, e variando conforme o peso dos critérios.

2.3 MODELAGEM COMPUTACIONAL

Esta seção destaca a contribuição da modelagem computacional para a solução proposta, apresentando e justificando os métodos e ferramentas utilizadas.

Segundo Forrester (1968) a mente humana é adaptada para construir e usar modelos que relacionam objetos no espaço. No entanto, no caso de representações de fenômenos mais amplos com um número maior de variáveis, tais como, os relacionados a sistemas complexos e modelos dinâmicos que representem mudanças através de períodos de tempo, a mente humana não se mostra apropriadamente adequada.

Modelos possibilitam explicar as observações e ajudar a orientar o desenvolvimento de experimentos ou de políticas futuras. É mais do que um simples retrato das relações entre

variáveis, experimentos podem ser feitos para determinar a resposta dinâmica do sistema a mudanças, sem modificar ou prejudicar o sistema real (STERMAN, 2014).

Dessa forma, um modelo também permite estimar o comportamento futuro de um sistema levando em conta processos passados e presentes que o influenciam, e isto será uma das características da solução proposta.

Ogborn (1999) ressalta que se pode recorrer a diferentes ferramentas de modelagem como um procedimento de análise e entendimento de modelos. Neste sentido, a modelagem computacional foi utilizada nesta pesquisa para entendimento desse sistema real, considerando todo o fluxo do processo de avaliação dos projetos candidatos pelos avaliadores, baseados em critérios de seleção e pesos, em um ambiente complexo de tomada de decisões.

Neste processo, buscou-se os métodos e ferramentas mais adequadas para o processo estudado e a partir da análise das informações do processo decisório atual. Com base avaliação obtida com a realização da revisão sistemática de literatura apresentada no Artigo 1, foi incorporado no modelo o método multicritério de apoio à decisão ali selecionado, o ANP, e utilizados os dados do caso estudado (SENAI), que permitisse experimentar o uso desse método para um melhor entendimento desse processo real e também avaliação da proposta de aperfeiçoamento.

Para isto, foram utilizadas como ferramentas computacionais nesta etapa, os softwares do pacote MsOffice e o software *SuperDecisions*, ferramenta desenvolvido por Thomas Lorie Saaty, com o objetivo de auxiliar especificamente a aplicação dos métodos AHP e ANP para solucionar problemas de decisão reais (SAATY, 2004).

Além desses métodos e ferramentas citadas anteriormente, com o intuito para tornar a solução proposta mais robusta e adaptável às diferentes organizações que desejem aperfeiçoar o processo decisório em questão, foram avaliadas ferramentas computacionais e um método estatístico que agregasse uma análise de pesos dos critérios baseados na experiência anterior da ICT.

Durante esta pesquisa foi desenvolvido um modelo para aperfeiçoamento do processo decisório em portfólio de projetos utilizando o método multicritério ANP e um algoritmo de aprendizado de máquina supervisionado por classificação com regressão logística.

Nas seções seguintes, serão abordados os aspectos teóricos conceituais relevantes que envolveram a escolha do algoritmo de aprendizado de máquina e do método estatístico de regressão logística, apresentando e justificando as escolhas das ferramentas tecnológicas componentes da solução proposta, para um melhor entendimento das suas características e contribuições para o modelo proposto.

2.4 ALGORITMOS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA (*Machine Learning*)

Define-se um algoritmo, em sentido amplo, como uma sequência bem definida e ordenada de passos para solução de problemas, que contempla uma lógica, com escolhas do caminho que será tomado a depender de determinadas condições, definindo-se os passos necessários até a solução. Para que um algoritmo se torne um programa de computador, é necessário escolher e implementá-lo com uma linguagem de programação (BANIN, 2018).

Um algoritmo ao ser implementado apresenta uma sequência de instruções, suficientemente precisas e não ambíguas, que informa ao computador o que ele deve fazer, e sempre produz o mesmo resultado. Em um algoritmo de aprendizado de máquina essas sequências podem permitir que os computadores tomem uma decisão de acordo com cada situação e com as informações que foram inseridas nele, assim as decisões variam, mas consideram sempre o histórico dos dados inseridos.

O *Machine Learning (ML)*, ou algoritmo de aprendizado de máquina ou também aprendizagem automática, é um subcampo da Inteligência Artificial dedicado ao desenvolvimento de algoritmos com métodos e técnicas que permitam ao computador aprender, assim aperfeiçoando seu desempenho em alguma tarefa. Nesse sentido o *machine learning* se aperfeiçoa com o alto volume de dados. Se não há dados, não há nada a aprender, mas se há muitos dados, há muito a aprender. Assim o ML surge em lugares com crescimento exponencial de dados (DOMINGOS, 2017).

Dessa forma, o aprendizado de máquina ocorre quando um algoritmo ou programa de computador consegue aprimorar seu desempenho em tarefas com base na experiência. Essa experiência ocorre com a alimentação de dados e informações obtidas a partir do mundo real. Segundo Rezende (2005), há três paradigmas de aprendizado de máquina, conforme figura 3:

Figura 3. Tipos de paradigmas em *Machine Learning*.



Fonte: Elaboração própria, 2020.

- a) Supervisionado – quando para cada dado disponível, existe uma resposta desejada e conhecida, por isso se diz que os dados são rotulados. Neste paradigma é comum realizar a análise de dados dividindo-se em duas partes, treino e teste, onde o modelo é treinado no dataset de treino e posteriormente aplicado para fazer previsões no conjunto de dados teste. Exemplos: árvore de decisão, regressão logística, entre outros;
- b) Não supervisionado – quando não há uma saída desejada padrão, de modo que os dados não são previamente rotulados, neste caso se seja que o modelo seja capaz de capturar e expressar propriedades existentes em um conjunto de dados. Neste tipo de aprendizado, não há razão para treinar o conjunto de dados, porque não há uma variável explícita (valor esperado) busca-se encontrar padrões, perfis e itens semelhantes. Ex; segmentação de clientes, marketing direcionado.
- c) De reforço - Embora não seja possível indicar a saída correta para cada dado, como ocorre no caso supervisionado, é possível obter uma informação sobre a qualidade da saída gerada pelo modelo na forma de um sinal de recompensa ou punição, assim o algoritmo aprende quais ações devem ser priorizadas. Exemplo: aprendizagem de tarefas, aquisição de habilidades, decisões em tempo real, entre outras.

Dentre os paradigmas de aprendizado de máquina, o tipo supervisionado, conforme exposto acima, possibilita implementar análises preditivas, onde se pode rotular previamente, se um determinado resultado é binário, por exemplo: Sucesso do projeto: 1 – Sim (ocorrência do evento) ou 0 – Não (não-ocorrência do evento).

Os métodos de aprendizado de máquina são muito eficazes, por possibilitar fornecer um resultado mais objetivo. Sem esses métodos, as decisões emergentes são tomadas por especialistas, as quais muitas vezes podem ser muito subjetivas (CHOY et al., 2005; ABOLBASHARI et al., 2018).

No intuito de reduzir a subjetividade durante as escolhas entre várias alternativas de projetos, como é o caso do objeto de estudo desta pesquisa, um modelo preditivo deve então utilizar funções matemáticas e estatísticas para realizar análises avançadas a fim de encontrar padrões em dados históricos, que no caso desta pesquisa é a experiência da própria ICT, obtida pelas decisões tomadas e resultados obtidos em processos decisórios anteriores.

Diversas ferramentas e linguagens de programação possibilitam implementar um algoritmo de aprendizado de máquina supervisionado, dentre elas, a linguagem Python vem se destacando em adesão dos programadores de *machine learning*. Na seção seguinte, será analisada as características e possibilidade de utilização desta linguagem na solução a ser desenvolvida neste estudo.

2.4.1 A linguagem de programação Python

Python é uma linguagem de programação de alto nível, orientada a objeto, criada em 1990 pelo matemático holandês Guido van Rossum, e que possui uma sintaxe clara e concisa que favorece a legibilidade do código fonte, tornando-a mais produtiva, além de possuir uma vasta coleção de módulos prontos para uso e framework de terceiros que são compartilhados em bibliotecas e que podem ser adicionados (BORGES, 2014).

A linguagem e seu interpretador tem características importantes, como: a) Portabilidade - estão disponíveis para as mais diversas plataformas, desde Unix, Linux, Windows (todas as versões), MacOS, BeOs, VMS, entre outras; b) Código livre (*opensource*) – o que permite ser disponibilizado e distribuído livremente; c) Simplicidade com robustez, além de ser fácil de aprender – permitindo o desenvolvimento de grandes projetos, constituídos por diversos módulos, que acessem bancos de dados e trabalhem com recursos multimídia, além de permitir a integração com softwares escritos em outras linguagens, como o C, o que justifica a grande adesão das universidades norte-americanas ao Python e algumas universidades do Brasil, como USP, UNICAMP e UFSCAR, sendo inclusive adotada como linguagem padrão no curso de ciência da computação do MIT em 2009; e possui d) Grande aplicabilidade – permitindo desenvolver soluções em diversas áreas do desenvolvimento de software, como aplicações para internet, gráficas e multimídia, jogos digitais, softwares para engenharia e aplicações científicas (BANIN, 2018).

Uma das plataformas de hospedagem amplamente utilizada por programadores das pequenas às grandes corporações, para aprender, compartilhar e trabalhar juntos para criar softwares, é o GitHub, atualmente com 28 milhões de usuários e mais de 85 milhões de projetos usados por pessoas de várias partes do mundo, que foi adquirida pela Microsoft em 2018 por \$ 7,5 bilhões (NADELLA, 2018).

Esse ambiente possui muitas bibliotecas desenvolvidas por uma comunidade de programadores, que permitem expandir as capacidades base da linguagem (BANIN, 2018, COMPUTERWORD, 2019, BORGES, 2014), como por exemplo: a) Django, um *framework*

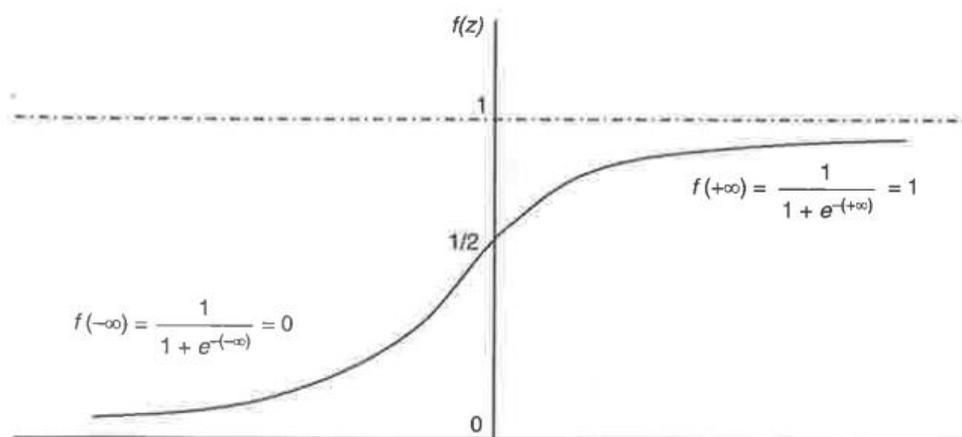
para desenvolvimento ágil de aplicações; b) Panda, uma biblioteca para manipulação de dados; e: c) *scikit-learn* (originalmente *scikits.learn*), uma biblioteca de aprendizado de máquina de código aberto, que inclui vários algoritmos de classificação, regressão e agrupamento (BOBRIAKOV, 2018).

Para implementar a predição no modelo proposto a ser desenvolvido com uso de um algoritmo de aprendizado de máquina supervisionado, buscou-se estudar a aplicação de métodos estatísticos aplicáveis, destacando-se entre eles a técnica de regressão logística.

2.5 REGRESSÃO LOGÍSTICA

A regressão logística é uma técnica estatística desenvolvida na década de 1960 para investigar a relação entre variáveis explicativas, métricas e não métricas e uma variável dependente categórica binária, que se destina a aferir a probabilidade de ocorrência de um evento e a identificação de características dos elementos pertencentes a cada grupo determinado pela variável categórica. A função logística se apresenta como uma curva em formato de “S”, cujos valores se situam entre 0 e 1, representando a probabilidade de ocorrência do evento de interesse (FÁVERO *et al*, 2009).

Na figura 4 abaixo a função logística $f(Z) = \frac{1}{1 + e^{-(Z)}}$, assume valores entre 0 e 1 para qualquer valor de Z.



Fonte: Fávero *et al*, 2009.

Métodos estatísticos de regressão são amplamente empregados em análise multivariada de dados por décadas, aplicados especialmente para se prever - avaliar a probabilidade de se obter - um determinado resultado (atributo) de uma variável dependente (ou variável resposta), a partir dos valores de variáveis independentes, como por exemplo: sucesso obtido por um projeto: 1 – Sim (ocorrência do evento) ou 0 – Não (não-ocorrência do evento).

Dessa forma, a regressão logística se popularizou pela flexibilidade de seus pressupostos, o que amplia a sua aplicabilidade, como por exemplo, para análise de ocorrência de doenças, de uma inadimplência, de compra de um bem, entre outras. Além de que não só prevê a ocorrência de eventos de interesse, mas também a sua probabilidade, diferente de outras técnicas estatísticas como (FÁVERO *et al*, 2009, p.440).

A regressão logística assim possibilita o desenvolvimento de um modelo logístico que pode prever a probabilidade de um determinado evento resposta, como por exemplo: Sucesso de um projeto = 1 (Sim), a partir de um conjunto de observações aleatórias das variáveis independentes. E permite também avaliar o efeito do conjunto de variáveis independentes sobre a variável dependente binária, como explica Otte Jr (2018):

“A técnica da regressão logística consiste em examinar como um atributo alvo ou variável resposta é explicado por valores de entrada, ou variáveis independentes, resultando em um conjunto de fatores chamados coeficientes de regressão, conhecido por *logit*. Se o valor p de um coeficiente for menor que o nível de significância especificado, por exemplo 0,05, a relação entre o atributo e a resposta é estatisticamente significativa. Desse modo, quanto mais atributos com valor de p próximo de 0, melhor será o grau de ajuste do modelo, o que faz dessa técnica uma excelente ferramenta para estudo e análise de atributos.”

Um modelo decisório com uso da regressão logística para possibilite prever a probabilidade de sucesso de um projeto (variável dependente), considerando que este varia de acordo com o atendimento aos critérios estabelecidos, necessita de um conjunto de observações aleatórias desses critérios (variáveis independentes) e para isso poderia utilizar o volume de dados gerados a partir da experiência da própria organização com as escolhas e resultados anteriores.

Neste sentido, foi realizada uma avaliação do uso de algoritmos de aprendizagem de máquina que implementasse a técnica estatística da regressão logística e possibilitasse o acesso a uma base de dados histórica.

3. METODOLOGIA

3.1 ETAPAS METODOLÓGICAS

Esta seção trata dos procedimentos, materiais e técnicas empregadas desta fase de desenvolvimento da solução proposta, tomando-se como base os resultados do Artigo 1 e o referencial teórico apresentado na seção 2, conforme descrito na Metodologia já apresentada no capítulo da I Apresentação, nas etapas metodológicas 4, 5, 6 e 7 da tese, que engloba:

a) Fase de Coleta de Dados

a.1. Levantamento de dados do processo atual de gestão do Edital de Inovação para a indústria da ICT selecionada (SENAI), através de questionários e entrevistas, para examinar o processo decisório de seleção e priorização de projetos de inovação, avaliando a situação real e identificando as oportunidades de melhoria com o novo método.

b) Fase de desenvolvimento da solução proposta

b.1. Análise dos dados coletados, caracterizando as etapas, entes envolvidos, variáveis, inter-relações entre elas, pesos, e critérios e impactos na composição do portfólio dos projetos de inovação apoiados pela ICT selecionada (SENAI), considerando a avaliação dos critérios de seleção em um ambiente complexo de tomada de decisões, onde as variáveis se influenciam e são mais bem representadas por uma estrutura de análise multicritério em rede, conforme conclusão do Artigo 1 da tese.

b.2. Construção de um novo modelo gerencial proposto para o processo de seleção e priorização de projetos de Inovação, utilizando a modelagem computacional para entendimento desse sistema real, e principalmente para criação do modelo proposto, que contemple, com base em revisão teórica, a aplicação de um

algoritmo com um método estatístico aplicável a este objeto de estudo, que permita maior robustez ao modelo proposto com o aproveitamento da experiência gerencial em processos similares anteriores.

c) Fase de validação preliminar do modelo junto à ICT

c.1. Validação preliminar do modelo proposto, com base em dados do processo de seleção e priorização de projetos de inovação na ICT selecionada (SENAI), visando comparar o processo decisório atual com a utilização do modelo proposto e os resultados alcançados na modelagem computacional, além de conhecer os ajustes necessários e as potencialidades de replicação do modelo gerencial.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção estão descritos detalhadamente o processo e também como e quando esta pesquisa foi realizada. Para a realização desta etapa da pesquisa, foram utilizados diferentes materiais, métodos e técnicas, considerando cada fase da pesquisa e a categoria pré-selecionada (Categoria C) do EII (objeto do estudo), contemplando assim as suas especificidades. Considerando a finalidade de cada fase da pesquisa, os instrumentos foram definidos conforme descritos a seguir:

3.2.1 Coleta de Dados

No Artigo 1, foram detalhados os materiais e métodos desta etapa da revisão de literatura e revisão sistemática que embasaram a escolha do método de apoio à decisão ANP.

Neste Artigo 2, a fase de coleta de dados contemplou o levantamento detalhado do objeto de estudo, o Edital de Inovação para Indústria, de várias fontes de evidências, para se criar um conjunto de dados encadeados e coerentes que possibilitasse o aprofundamento do conhecimento sobre toda a dinâmica do fluxo do processo decisório estudado, como as suas características, *stakeholders* e resultados atuais, contemplando as técnicas de Pesquisa documental e Pesquisa de campo, explicitadas a seguir.

3.2.1.1. Pesquisa Documental

Yin (2001) destaca que o uso mais importante de documentos é corroborar e valorizar as evidências oriundas de outras fontes, e que buscas por documentos relevantes são importantes em qualquer planejamento de coleta de dados.

Assim, foi planejada a busca de informações no material institucional da própria ICT, na área chamada Aceleradora, que é a responsável pela gestão do processo do edital de inovação. E assim foram obtidos documentos e registros em arquivos, como manuais, planilhas, relatórios, atas, entre outros, de duas chamadas da categoria C do EII.

Esta etapa teve início no 1º semestre de 2018 e contou com o aval prévio da ICT para fornecimento das informações solicitadas pela pesquisa (Apêndice I) e assegurado sigilo de informações sensíveis à segurança e confidencialidade (Apêndice II), sempre que requeridas. Esse levantamento serviu para modelagem da situação atual e para entendimento dos pontos críticos e as oportunidades de melhoria identificadas também na pesquisa de campo.

3.2.1.2. Pesquisa de Campo

Esta etapa da fase de coleta contemplou o conhecimento detalhado do objeto do estudo selecionado, com finalidade de aprofundamento do conhecimento das características, da dinâmica do processo, perfil dos *stakeholders* e as variáveis e critérios de julgamento mais importantes, sob a ótica do avaliador. Inter-relações entre essas variáveis e pesos das variáveis também foram sondados. Para isso, foi realizada uma pesquisa de campo para levantamento de dados com duas técnicas de pesquisa selecionadas coleta de evidências (YIN, 2001) para chamadas da categoria C do EII, que foram: a) observação direta; e b) entrevistas com participantes-chave.

Para isso, foram contatados os principais *stakeholders* da ICT selecionada, que estavam envolvidos diretamente na coordenação do processo decisório sobre a seleção e priorização de projetos a receber investimentos através do Edital de Inovação, e após explicado o objetivo desta pesquisa, foi obtido o apoio necessário para coleta de dados e posterior avaliação do modelo a ser construído, e os resultados esperados. O apoio da ICT à esta pesquisa foi formalizado em dezembro/2017, conforme consta no Apêndice I

Alshenqeti (2014) ressalta que as entrevistas são reconhecidas como um dos métodos qualitativos de coleta de dados mais importantes. De maneira geral, as entrevistas como método de pesquisa ampliam o escopo de compreensão dos fenômenos investigado.

Desta forma, para a categoria C, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com quatro informantes-chave do processo decisório escolhido. As entrevistas foram agendadas previamente, em contato inicialmente intermediado pelo SENAI Departamento Nacional (DN), e foram realizadas a distância via internet, gravadas e com uma hora de duração cada. Também foi enviada uma carta de apresentação da pesquisa (Apêndice II) e um termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice III).

As entrevistas com informantes-chaves do processo decisório ocorreram em dois momentos, nos meses de abril a maio de 2018 e nos meses de abril a junho de 2019, coincidindo com as fases decisórias de duas chamadas da categoria C do Edital, com as respostas obtidas em novembro de 2019.

A observação direta ocorreu durante a realização da chamada Cidade Sustentável, quando houve oportunidade de acompanhar as entrevistas dos candidatos pelos avaliadores do Edital, ocorrida em setembro de 2018.

Dados de outras chamadas do edital também compuseram o levantamento nas planilhas e quando apareceram nas consultas online como exemplos na plataforma do edital.

Posteriormente, em 2020, foram entrevistados presencialmente dois informantes-chave do SENAI CIMATEC para coletar a avaliação dos mesmos sobre o modelo proposto por esta pesquisa, cujos resultados são apresentados na seção 6 deste artigo. O roteiro desta entrevista está disponível no Apêndice V.

3.2.2 Análise dos Dados

Como os dados coletados são tanto quantitativos como descritivos, foi realizada uma análise qualitativa e quantitativa, da seguinte forma:

- a) Para as informações quantitativas, foram analisadas as variáveis mais importantes identificadas na literatura para seleção e priorização de projetos, e organizadas as principais categorias e variáveis para se desenvolver o do modelo gerencial proposto com base na avaliação dos principais stakeholders do caso estudado;
- b) Para as informações qualitativas obtidas nas entrevistas com os avaliadores, estas foram transcritas e iniciou-se a análise com a descrição do processo atual. Depois as percepções dos avaliadores foram organizadas por categorias. A categorização é um procedimento de agrupar os dados considerando a parte comum existente entre eles. Classifica-se por semelhança ou analogia, segundo critérios previamente estabelecidos ou definidos no processo. De início, foram definidas as seguintes categorias de análise:

critérios de julgamento considerados importantes pela ICT, fatores dificultadores da decisão e melhorias necessárias para otimização dos resultados do portfólio de inovação.

Desta forma, foram revisados e considerados os critérios de julgamento definidos pelos avaliadores, que foram registrados e organizados em uma tabela, computando-se a frequência com que foram priorizadas pelos avaliadores, buscando-se assim identificar aquelas variáveis e critérios mais considerados pelos avaliadores no julgamento dos projetos candidatos.

A interpretação dos dados buscou assim construir uma melhor compreensão sobre fenômenos investigados que considerasse os principais fatores influenciadores do processo decisório, utilizando a modelagem computacional para entender e aperfeiçoar a seleção e priorização de projetos candidatos em portfólio de inovação de ICTs e de empresas com processos similares.

3.2.3 Validação preliminar pela ICT do modelo proposto

Na fase de validação do modelo, foram entrevistados dois avaliadores-chave do processo de seleção na ICT, e após demonstração do passo a passo detalhado do modelo, apresentado na seção 4 deste artigo, que utiliza um algoritmo de aprendizado de máquina com um método estatístico, incluindo uma interface gráfica para registro das avaliações anteriores, e apresentada também a modelagem computacional no SuperDecisions com os dados levantados de chamadas realizadas na categoria C do edital, foram coletadas as percepções desses stakeholders quanto aos aspectos de adequação ao uso em diferentes chamadas: facilidade de uso, percepção de melhoria no processo atual, contemplando os fatores dificultadores e melhorias identificadas no estudo do processo atual, e por fim uma avaliação da possibilidade de incorporação da proposta nas próximas chamadas do EII. O roteiro das entrevistas realizadas está disponível no Apêndice V.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta seção tem como objetivo apresentar as evidências resultantes das análises quantitativa e qualitativa das informações e dos dados obtidos, relacionando-os ao problema, aos objetivos, às hipóteses ou aos pressupostos (se houver) e ao referencial teórico. Trata-se, portanto, da análise e discussão dos dados que levam aos resultados do estudo (LUBISCO, VIEIRA, 2013). Deve-se considerar também, ao contrário do que ocorrem nas pesquisas experimentais e levantamentos em que os procedimentos analíticos podem ser definidos previamente e a análise é essencialmente quantitativa, nas pesquisas definidas como estudo de campo, estudos de caso, pesquisa-ação e pesquisa participantes, não há fórmulas ou receitas predefinidas para orientar os pesquisadores, assim a análise de dados na pesquisa qualitativa, passa a depender da capacidade e do estilo do pesquisador (GIL, 2008).

Nesta etapa da pesquisa, foram seguidos os procedimentos de análise já explicitados na subseção 3.3.2 da seção de 3. Metodologia. A apresentação dos resultados consiste na organização dos dados selecionados de forma a possibilitar seu entendimento e análise nas categorias definidas, que aqui estão organizados em três subseções:

- 4.1 - Processo atual do Edital de Inovação para a Indústria (EII);
- 4.2 – Análise do processo atual; e
- 4.3 – Novo modelo proposto para o processo de seleção e priorização de projetos.

4.1. PROCESSO ATUAL DO EDITAL DE INOVAÇÃO PARA A INDÚSTRIA

Para melhor entendimento deste processo e em cumprimento do objetivo específico 2 (Examinar o processo atual de seleção e priorização de projetos de inovação), foi considerado na coleta de dados deste estudo todo o fluxo do processo, desde o cadastro dos critérios de seleção, passando pelo resultado final (projetos selecionados e priorizados) até as etapas de desenvolvimento dos projetos selecionados.

A seleção e priorização de projetos de desenvolvimento de novos produtos segue um conjunto de critérios estabelecidos no EII publicado, que são avaliados e pontuados por um comitê, com base em especificidades de cada uma dessas categorias, e que se encontram descritas em cadernos específicos do edital, nos quais são detalhados: i) o público alvo; ii) a duração e os valores dos projetos; iii) as contrapartidas; iv) os elementos financiáveis e não-financeáveis; v) os requisitos formais obrigatórios para a participação; vi) cronograma dos

ciclos de avaliação; vii) a forma da submissão de propostas; e viii) a forma de avaliação das ideias e projetos (CNI, 2017).

Na categoria C – Empreendedorismo Industrial, cada edital de inovação apresenta desafios industriais específicos para startups, pequenas e médias empresas. Os problemas são apresentados por empresas de maior porte e investidores (instituições âncoras) que buscam negócios inovadores no seu setor industrial (CNI, 2017). Até 2018, as chamadas eram apresentadas no dia 10 de cada mês no site do Edital e têm regras próprias. Nesta categoria, o Edital recebe ideias de novos produtos ou de processos inovadores.

A categoria C implementa assim um maior alinhamento do edital com as demandas de mercado, na medida em que é voltada para atender determinado foco estratégico específico de grandes empresas âncoras. Nesta categoria, o processo decisório de seleção de projetos é conduzido em conjunto com a alta direção dessas empresas, envolvendo em média dez colaboradores na avaliação dos projetos candidatos, e que também consideram múltiplos critérios previamente estabelecidos.

Este estudo do processo atual do Edital de Inovação para a Indústria (EII), teve como base duas das chamadas típicas da Categoria C, a saber, Cidade Sustentável e Cidade Resiliente, que se desenvolveram em 5 as fases da Categoria C do EII, conforme representado na figura 5, a seguir.

Figura 5. Fluxo do processo de seleção do Edital de Inovação.



Fonte Elaboração própria, 2020.

Na etapa 1, e antes das inscrições dos projetos candidatos, são implementados na plataforma *on line* oficial da chamada do Edital, disponibilizada pela CNI, o cadastro da chamada respectiva e dos critérios de seleção para cada fase, conforme figura 6 a seguir.

Figura 6. Tela de parametrização dos critérios de seleção do Edital de Inovação.

Categoria "CATEGORIA C - REPSOI SINOPEC" » Fase » "Plano de projeto e Pitch Final" » Edição do critério 1. SOLUÇÃO: Nesse critérios será avaliado o caráter inovador da solução e a possibilidade de mudança do resultado

✓ Edição do critério de avaliação 1. SOLUÇÃO: Nesse critérios será avaliado o caráter inovador da solução e a possibilidade de mudança do resultado

Critério 1. SOLUÇÃO: Nesse critérios será avaliado o caráter inovador da solução e a possibilidade de mudança do resultado

Mostrar no feedback?

Tipo de critério Critério de avaliação por faixa de notas

Tipo de avaliação

- Selecion
- Critério de avaliação por nota
- Critério de avaliação por faixa de notas
- Critério de avaliação textual
- Nota calculada a partir do critério de contrapartida econômica da empresa
- Nota calculada a partir do critério de contrapartida financeira da empresa
- Nota calculada a partir do critério de contrapartida financeira da empresa (soma do DN + DR)
- Nota calculada a partir do critério de contrapartida do Diretório Regional

Salvar Excluir critério

Faixas de respostas com notas

Fonte SENAI, 2019.

Na figura 6 acima, tem-se uma amostra da tela de cadastro dos critérios de seleção para cada fase do Edital, onde verifica-se o lançamento da parametrização da Plataforma do EII. Após o lançamento dos parâmetros predefinidos da chamada no sistema web, e divulgado o cronograma do processo de seleção dos projetos candidatos, inicia-se a Fase 1, com as inscrições dos interessados no prazo estabelecido em Edital.

Nesta fase 1, há a inscrição das empresas interessadas, que cadastram suas ideias na plataforma disponível no site: plataforma.editaldeinovacao.com.br e após a leitura do Edital específico, com os respectivos critérios de seleção e orientação da chamada, preenchem o formulário de cadastro na plataforma web do EII e anexam as documentações obrigatórias, como por exemplo, documentação da empresa, *Pitch* e *Canvas* de Proposta de Valor.

Todas as fases são registradas na plataforma digital do edital e tramitam cada proposta no fluxo previsto mediante aprovações no sistema pelos responsáveis por cada ação, conforme demonstrado na figura 7 a seguir.

Figura 7. Tela com as fases de seleção da categoria C do Edital de Inovação para a Indústria.

The screenshot shows the administrative interface for the 'Edital de Inovação para a Indústria'. The main content area displays the 'Fases da categoria "CATEGORIA C - Nova Energia"'. The table below lists the phases:

Nome	Categoria	Ordem	Ação	Data de cadastro	Ações
Inscrições	CATEGORIA C - Nova Energia	1	Diretoria regional passa para a próxima fase	17/09/2018 14:05	
avaliação da Documentação	CATEGORIA C - Nova Energia	2	Fase com avaliação	17/09/2018 14:08	
Entrevista	CATEGORIA C - Nova Energia	3	Fase com avaliação	23/11/2018 10:49	
Plano de Projeto e Pitch Final	CATEGORIA C - Nova Energia	4	Fase com avaliação	17/09/2018 14:15	
Aprovação	CATEGORIA C - Nova Energia	5	Sem ação (geralmente usado para a última fase)	17/09/2018 14:17	

Below the table, there are two buttons: '+ Criar nova fase' and 'Duplicar fase'.

Fonte SENAI, 2019.

Na figura 7 acima, tem-se uma amostra da tela de tramitação das fases do EII, onde se observa todo o trâmite, com os períodos de tempo nas ações previstas para cada fase do Edital.

Em seguida, há a análise da documentação dos projetos candidatos, que é a base da primeira etapa da avaliação, que ocorre online e tem caráter eliminatório.

Nesse momento, os avaliadores, representantes das instituições que lançam e coordenam o edital, avaliam as ideias através de um barema, onde constam os critérios de avaliação para cada uma das categorias previstas em edital, previamente divulgados.

Assim, um barema é construído para cada desafio, e após os critérios são padronizados e publicados no edital, assim a ICT customiza a seleção de projetos para cada chamada em conjunto com a empresa âncora.

A construção do barema é feita com base nas experiências de editais anteriores da ICT, neste caso estudado o SENAI, revisando e adequando o edital junto com a empresa, customizando assim para uma demanda específica, visando conectar e engajar uma grande empresa às *startups* e assim resolver seus problemas específicos. Nas chamadas estudadas nesta pesquisa, os critérios foram estes apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Critérios de Avaliação dos Projetos da categoria C do Edital de Inovação

Critérios de Avaliação dos Projetos	Descrição
1. Problema	Nesse critério deve ser avaliado se a empresa demonstrou conhecimento acerca de um (ou mais) problema(s) relevante(s) e aderente(s) aos atores envolvidos na Chamada
2. Cliente	Nesse critério deve ser avaliado o conhecimento/entendimento da empresa sobre os potenciais segmentos de clientes e suas especificidades.
3. Proposta de Valor	Nesse critério deve ser avaliado se os benefícios da solução estão bem definidos e são relevantes para os atores envolvidos.
4. Diferenciais Competitivos	Nesse critério deverá ser avaliado se a proposta apresenta diferenciais relevantes frente a seus concorrentes diretos e indiretos, com potencial de escalabilidade do modelo de negócio.
5. Desafio tecnológico ou metodológico	Nesse critério será avaliada a clareza sobre os desafios tecnológicos ou metodológicos do projeto e se esses são relevantes para os atores envolvidos na Chamada
6. Escopo	Nesse critério deve ser avaliado se os desafios tecnológicos e comerciais apresentados são adequados a prova de conceito e aos recursos da Chamada
7. Empreendedor e/ou Equipe	Nesse critério deve ser avaliado se a empresa demonstrou conhecimento acerca de um (ou mais) problema(s) relevante(s) e aderente(s) aos atores envolvidos na Chamada
8. Feedback Geral	Nesse critério deve ser avaliado o conhecimento/entendimento da empresa sobre os potenciais segmentos de clientes e suas especificidades.

Fonte: SENAI, 2019.

Esses critérios acima, foram adotados pela ICT em conjunto com empresas âncoras na maior parte das chamadas, sendo acrescido de outros critérios específicos da empresa, quando necessário. Para cada projeto candidato, e em cada um desses critérios, os avaliadores precisam julgar e pontuar notas de 1 a 4 de acordo com as rubricas previamente cadastradas na plataforma do Edital de avaliação. Rubricas são pequenos comentários escritos ou notas com finalidade de orientação ao que será executado, como no exemplo apresentado no Quadro 3 a seguir.

Quadro 3. Rubricas das notas de avaliação da categoria C do Edital de Inovação

Avaliação do Critério 1	Nota	Data e hora da avaliação
Não apresentou um problema relevante e aderente aos atores envolvidos	1	12/12/2018 11:47
Não demonstrou conhecimento acerca de um (ou mais) problema(s) relevante(s) e aderente(s) ao atores envolvidos	2	12/12/2018 11:47
Demonstrou conhecimento geral acerca de um (ou mais) problema(s) relevante(s) e aderente(s) ao atores envolvidos	3	12/12/2018 12:45
Demonstrou conhecimento detalhado acerca de um (ou mais) problema(s) relevante(s) e aderente(s) ao atores envolvidos	4	12/12/2018 12:45

Fonte: SENAI, 2019.

No Quadro 3 acima, verifica-se também que a plataforma registra dados do usuário e momento da avaliação para garantir a segurança do processo, visto que as avaliações são realizadas a distância, com avaliadores convocados de várias partes do país.

Ao acessar uma das ideias, um termo de confidencialidade e sigilo entre o SENAI e o avaliador é proposto e deve ser lido e aceito para prosseguir. Após acessar uma ideia, o avaliador verifica na aba “Documentos” as respostas da *startup* para os critérios. Após analisar os documentos da empresa candidata, acessa-se a aba “Avaliação”, onde estão os oito critérios para avaliação, sendo o último um campo para feedback textual.

Esse feedback é considerado pela ICT como de extrema importância. Orienta-se a utilizar o espaço para escrever de forma sucinta e objetiva, justificando a nota atribuída e indicando inclusive, pontos de melhoria, caso haja. Lembrando-se que o ‘dono da ideia’ recorre aos comentários do feedback para melhorar seu projeto para concorrer em novos desafios quando a ideia não é aprovada. (CNI, 2019)

Assim, todos os critérios são obrigatoriamente respondidos pelo avaliador de forma objetiva para cada projeto candidato, além de também registrar na plataforma um feedback escrito.

Após essas avaliações, o programa consolida todas as notas dos avaliadores e através de média simples são selecionadas entre 10 e 15 ideias para a fase seguinte de entrevistas, a última etapa para inserção da *startup* no programa. Na figura 8 a seguir, temos um exemplo da tela da plataforma do edital com as avaliações finais dos projetos.

Figura 8. Tela com as notas finais dos candidatos após avaliação na plataforma do Edital.

Categoria "CATEGORIA C - Nova Energia" » Ranking de avaliações

Categoria Fases Ciclos **★ Ranking das avaliações** Interlocutores Temáticos Funil Contrapartidas

★ Ranking

Fase Plano de Projeto e Pitch Final ?

Ciclo Outubro ?

Itens Por Página 100 itens por página

Resultado

Soma dos valores marcados solicitados ao DN: 0,00

Idela	Empresa	Departamento Regional	Desafios	Parceiros	Solicitado ao DN	Somar <input type="checkbox"/>	Nota Inovação	Nota Mercado	Nota Técnica	Nota Geral	Bônus
Boltz	Módulo12	Distrito Federal		Empresas instaladas ou graduadas em Parques Tecnológicos, aceleradoras ou incubadoras de empresas, a partir de 2016.	R\$ 0,00	<input type="checkbox"/>	0	0	0	18	0
hubCelular - Concessionária e consumidor juntos na	SSE Gridtech Sistemas e Soluções Ltda	Paraná		Empresas finalistas do Programa Inovativa Brasil, a partir de 2015.	R\$ 0,00	<input type="checkbox"/>	0	0	0	14	0

Fonte: SENAI, 2019.

Após esta etapa de avaliações, são realizadas as Entrevistas com os candidatos de maior pontuação, presencialmente ou via chamada de vídeo, e conforme levantamento desta pesquisa junto aos avaliadores, têm atualmente vários objetivos, como:

- Alinhar as expectativas dos projetos concorrentes com o edital;
- Sanar dúvidas dos avaliadores que não foram esclarecidas nas etapas anteriores;
- Avaliar outros critérios qualitativos, como experiência, disponibilidade e as habilidades da equipe candidata;
- Softskills*, como: maturidade do empreendedor e do time, a postura do empreendedor, entre outras.

Verifica-se assim que novos critérios passam a fazer parte da avaliação dos candidatos nesta etapa da Entrevista, conforme roteiro da ICT com uma lista dos aspectos a serem avaliados na entrevista com as empresas dos projetos candidatos, demonstrado no Quadro 4 a seguir.

Quadro 4. Roteiro da entrevista de avaliação dos candidatos pela empresa e ICT.

01. PROBLEMA: Conhecimento/entendimento da empresa sobre um ou mais problemas relevantes para os atores envolvidos
02. CLIENTE: Conhecimento/entendimento da empresa sobre os potenciais segmentos de clientes e suas especificidades.
03. PROPOSTA DE VALOR: Clareza e relevância dos benefícios da solução, ou seja, como a solução resolve o(s) problema(s) do(s) cliente(s).
04. DIFERENCIAIS COMPETITIVOS DE MERCADO: Diferenciais relevantes da proposta frente a seus concorrentes diretos e indiretos e grau de inovação
05. INOVAÇÃO: Inovação na tecnologia, metodologia e/ou modelo de negócio da proposta
06. VIABILIDADE DO NEGÓCIO: Apresentação de dados consistentes sobre a viabilidade do negócio
07. ESCOPO DA SOLUÇÃO: Definição do escopo e das características gerais da solução proposta
08. DESAFIO TECNOLÓGICO OU METODOLÓGICO: Clareza sobre os desafios tecnológicos ou metodológicos do projeto e se esses são relevantes para os atores envolvidos na chamada
09. COMPETÊNCIAS DO EMPREENDEDOR E/OU EQUIPE: Tem clareza sobre de competências, habilidades e experiências gerenciais e técnicas do empreendedor e/ou da equipe necessárias para o desenvolvimento do projeto.
10. DISPONIBILIDADE DO EMPREENDEDOR: Dedicção do empreendedor para o acompanhamento e execução do projeto e disponibilidade de alocação em Salvador
11. "DOMÍNIO TECNOLÓGICO DA EQUIPE/ EMPREENDEDOR": Possui competências, habilidades e experiências do empreendedor e/ou equipe no que tange a tecnologia proposta
12. "DOMÍNIO DE BUSINESS DA EQUIPE/ EMPREENDEDOR": Possui competências, habilidades e experiências do empreendedor e/ou equipe no que tange ao negócio
13. DOMÍNIO DE CONHECIMENTO SOBRE O SETOR: Possui competências, habilidades e experiências do empreendedor e/ou equipe no que tange ao setor da solução proposta
14. ALINHAMENTO ESTRATÉGICO COM DEMANDANTE: Adequação do projeto aos interesses da Instituição Âncora.
15. ALINHAMENTO ESTRATÉGICO COM CIMATEC: Adequação do projeto aos interesses do CIMATEC
16. Feedback Geral

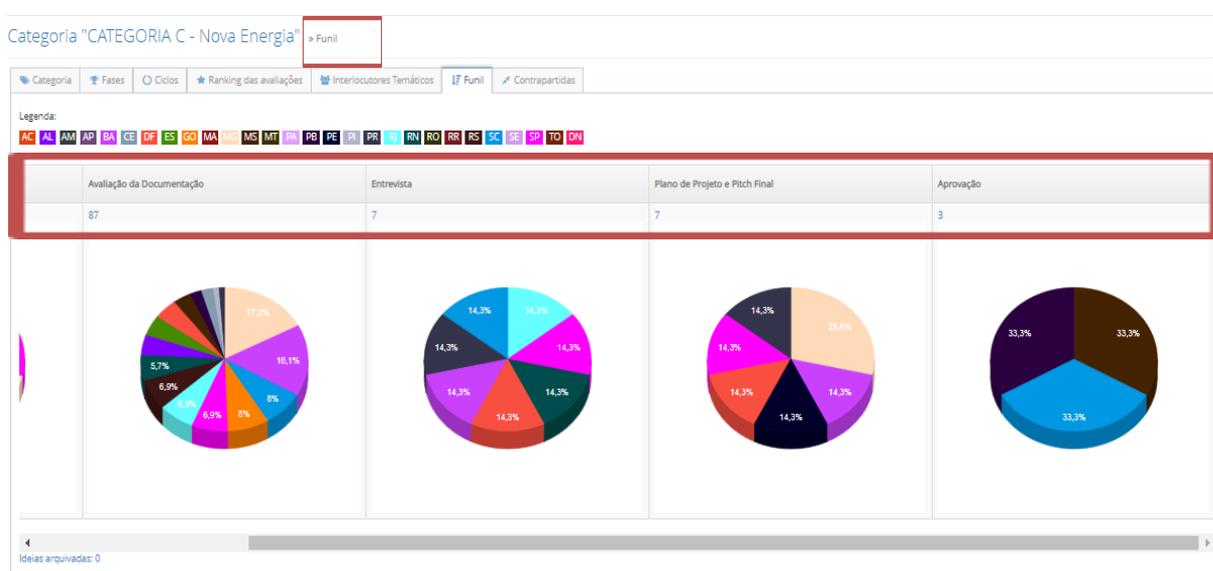
Fonte: SENAI, 2019.

Tendo sido entrevistadas todas as *startups* candidatas, os avaliadores se reúnem para uma avaliação qualitativa com vistas a confirmar a seleção final dos projetos. Nesta fase, foi utilizada a técnica de observação direta, conforme indicada na seção 3.3.1.3 da Metodologia.

Nesta reunião para Feedback geral, observou-se que fatores subjetivos dos avaliadores ficaram bem evidentes, considerando que foram trazidas, em diversas oportunidades, maior opinião dos avaliadores baseadas em avaliação pessoal, subjetiva, sobre as equipes e os projetos candidatos, e que se observou serem influenciadas pelos vieses de cada avaliador que, de forma implícita, influenciaram diretamente no resultado final da seleção a ser publicado.

O resultado da fase de Entrevista é registrado na plataforma online do EII, que registra todos os passos do processo seletivo do edital e gera gráficos de acompanhamento do desempenho geral dos candidatos da chamada, conforme figura 9 abaixo:

Figura 9. Tela do funil de seleção dos candidatos em cada fase da chamada do EII.



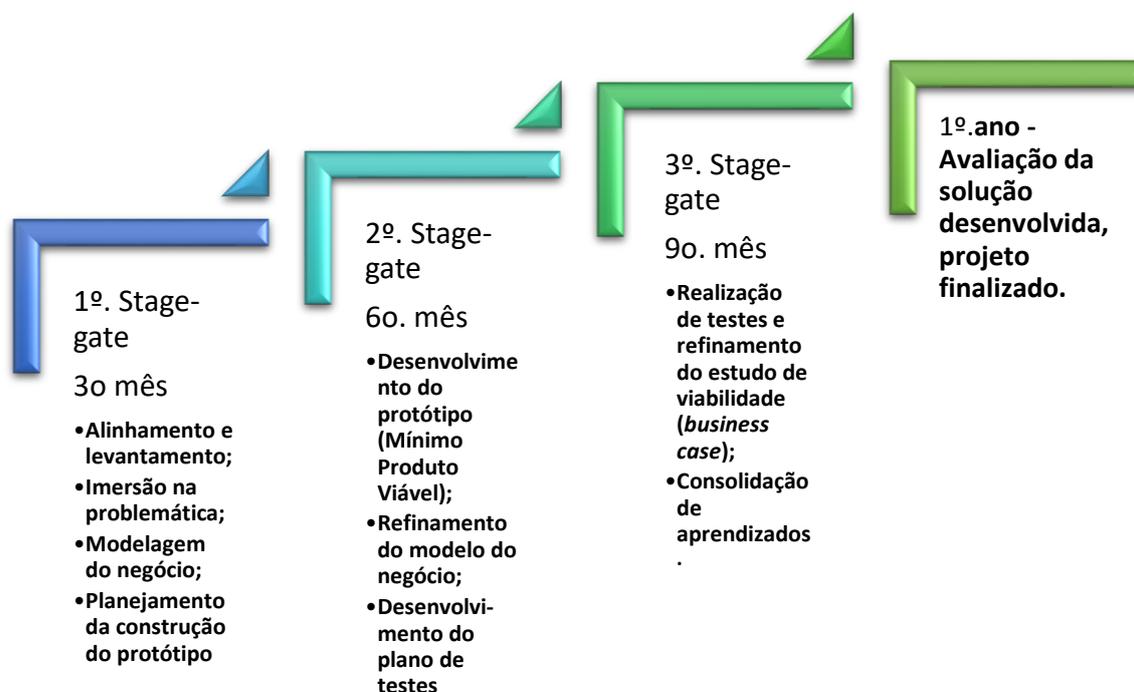
Fonte SENAI, 2019.

Na Figura 9 acima, tem-se um exemplo gráfico da tela final da Plataforma do EII, com o quantitativo dos projetos avaliados e aprovados em cada etapa. No exemplo acima, tem-se: 87 projetos avaliados na etapa da Documentação, onde 16 passaram para a etapa seguinte, destes 7 (sete) foram selecionados na etapa da Entrevista, destes 6 (seis) foram selecionados na etapa do Plano de Projeto e *Pitch*, e apenas 3 aprovados no final para entrada no portfólio, ou seja, receberem o investimento necessário para desenvolvimento do projeto. Cada cor no gráfico da Figura 9 acima (em formato pizza) representa uma unidade SENAI da federação que irá apoiar tecnologicamente o desenvolvimento do projeto.

A unidade SENAI apoia todo o desenvolvimento do projeto até a fase final, mas nem todos os selecionados concluem o projeto e alcança o objetivo desejado. Por esse motivo, após 3 meses do início do programa, existe uma nova avaliação dos projetos selecionados, que leva em consideração o plano de trabalho e seu desenvolvimento.

Assim, durante a fase de desenvolvimento dos projetos, a ICT faz novas avaliações para verificar o cumprimento do que foi previsto do plano de projeto. Ao final de cada *stage-gate* de avaliação, geralmente a cada 3 meses até completar 1 ano, conforme figura 10 abaixo.

Figura 10. Processo de desenvolvimento dos projetos na ICT – Jornada da Startup.



Fonte Elaboração própria, 2020.

A ICT estudada denomina essas etapas de avaliação de “Tranche” na Jornada da Startup, onde ao final de cada um, o projeto é avaliado por uma banca multidisciplinar, onde as empresas devem evidenciar todas as entregas comprometidas, que serão avaliadas com base em alguns critérios e a depender do desempenho, e assim são autorizados a continuar ou não a ter o apoio e investimento da ICT. Segue exemplo de critérios da chamada Cidade Sustentável, dentro de uma metodologia de aceleração aplicada pelo SENAI CIMATEC:

Esses dados foram importantes para mapeamento das características e particularidades do processo decisório da ICT selecionada, que será analisado na seção seguinte, em cumprimento ao objetivo específico 2, com a finalidade de identificar as oportunidades de melhoria e as variáveis e inter-relações a serem consideradas no modelo proposto (objetivo específico 3 desta pesquisa).

4.2 ANÁLISE CRÍTICA DO PROCESSO ATUAL

Foram analisados os dados apresentados na seção anterior, referente a duas chamadas diferentes do EII - Categoria C, realizadas pelo SENAI CIMATEC, as chamadas Cidade Sustentável e Cidade Resiliente, com dados coletados através de observação direta, pesquisa documental e entrevistas com informantes-chaves, sobre todo o processo decisório, englobando os critérios de seleção estabelecidos em edital, o processo de julgamento dos avaliadores e também o sucesso dos projetos selecionados. Foram identificados alguns aspectos relevantes a serem considerados para a melhoria do processo de seleção e priorização de projetos de inovação.

Nestas chamadas, ao invés de duas partes envolvidas como a maioria dos casos, há três partes envolvidas, a saber: a ICT (no caso, o SENAI), a empresa âncora e uma empresa parceira. E cada projeto submetido é avaliado por cada uma dessas partes, e depois é realizada uma reunião para se buscar um consenso sobre quais projetos atendem melhor às expectativas das três partes. Não há diferença de pesos entre cada um desses três avaliadores, mas cada um traz um aspecto relevante na sua análise, como por exemplo, a ICT tem um olhar mais técnico e conduz as perguntas técnicas na fase de entrevista, e a empresa tem um foco maior no alinhamento estratégico.

Analisando-se os critérios definidos no Quadro 2, observou-se que no primeiro momento da avaliação inicial dos projetos para entrada ou não no portfólio (funil de inovação), um dos critérios que é analisado é o alinhamento estratégico, que significa a aderência do projeto candidato ao objetivo proposto, pois cada chamada traz um conjunto de problemas / desafios ou uma temática que se quer resolver, que no texto do EII aparece como temas.

Outro critério importante é a viabilidade financeira do projeto, mas este não é um critério para um projeto entrar no portfólio, porque num momento inicial não há elementos para se julgar se um projeto de inovação é viável financeiramente ou não, por isso essa avaliação é realizada na fase de desenvolvimento do projeto, ao longo dos *stage-gates*, após três meses iniciais, para que se aprofunde um pouco mais o projeto. Mesma situação para o critério de viabilidade técnica jurídica para incorporação do produto pelo mercado, que é analisado após os três meses iniciais do desenvolvimento, após maior conhecimento da solução em desenvolvimento.

O que é diferente do critério de viabilidade jurídica do projeto, especificamente sobre o aceite das condições de participação da ICT, como royalties. No caso das chamadas estudadas, após a divulgação dos resultados, a empresa selecionada precisa firmar o acordo e

neste momento eventuais divergências de entendimento são sanadas, mas caso não seja acordado e assinado, a empresa não compõe o portfólio, assim caracterizando esse critério como obrigatório para entrada do projeto no funil de inovação. Em uma das chamadas estudadas isso ocorreu, a empresa estava na listagem divulgada dos projetos selecionados, mas como não assinou o termo de acordo de participação, não seguiu adiante no portfólio.

Nas chamadas do Edital de Inovação, como os projetos selecionados não são projetos típicos de inovação da ICT, pois são projetos de startups, precisaria extrapolar os critérios de seleção, por alguns motivos a destacar:

- a) Os projetos das *startups* possuem um risco maior do que, por exemplo, projetos para grandes empresas, que muitas vezes tem uma demanda de inovação incremental, considerando um produto já existente;
- b) No momento da avaliação dos projetos, observa-se que as *startups* tem diferentes níveis de maturidade, onde alguns estão na fase de ideação, ainda precisando ser validada com uma demanda de mercado, e que é diferente da avaliação de outros projetos já possuem um protótipo, que já teve um ciclo de aprendizado e que precisa partir para um novo ciclo de aprimoramento, para chegar a uma versão escalável, que possa ser comercializado;
- c) O campo tecnológico do projeto também deveria influenciar os critérios de seleção, pois, por exemplo, para um projeto de software ou TI, alguns critérios são mais aplicáveis do que para um projeto de saúde ou biotecnologia, pois o ciclo de desenvolvimento de produto nesses projetos são diferentes, um de biotecnologia é mais longo do que o de software, e precisam de mais capital, também o produto do projeto visam mercados com características bem distintas, cujas variáveis precisam ser consideradas na seleção e priorização das propostas;
- d) Nas chamadas da categoria C, o decisor com maior peso é a empresa âncora e as parceiros associadas, que é o patrocinador, que traz os desafios para serem resolvidos, neste contexto, eles têm predominância na decisão das escolhas dos projetos e a ICT avalia e dá parecer técnico sobre as propostas, mas a perspectiva do patrocinador sobre as variáveis e critérios de avaliação é preponderante. E essa posição precisa ser considerada, apesar da ICT ainda poder ter uma posição de veto na escolha de projetos que não considera viável apoiar tecnologicamente ou por ser contrário aos valores da ICT. Mas caso isso não exista, o peso da avaliação do patrocinador determinará o resultado da seleção;

- e) Devem ser incorporados critérios relacionados às *softskills*, vinculados ao ‘fator humano’, que não é o critério de ‘competência’ nem o de ‘disponibilidade’, mas sim um conjunto de habilidades vinculadas ao lado comportamental da equipe do projeto. Estes, apesar de já ter sido identificados nas seleções anteriores e reconhecidos como muito importantes pelos avaliadores, ainda não estão parametrizados entre os critérios de seleção. A sugestão dos avaliadores é de que seja um critério para avaliação da equipe e não de cada integrante, pois o importante é avaliar a composição do time do startup, para verificar se ele tem condições de responder às necessidades comportamentais esperadas da *startup*. Como bem destaca um dos avaliadores: “Os fatores subjetivos são muito importantes, acho que são decisivos no final, eles pesam muito, pesam mais do que os fatores objetivos (...) Por exemplo, engajamento, disciplina, credibilidade, segurança, capacidade de comunicação, flexibilidade, capacidade de ser maleável. O time tem complementariedade? Ou seja, consegue juntar diferentes perfis de integrantes que façam a startup ajude a empresa a ‘sair da caixa’ e gerar resultados?” Acho que tem coisas que são importantes e isso é algo muito novo.” Assim, um dos desafios é como avaliar *softskills* das equipes, pode-se utilizar ferramentas para calcular a nota desse critério, pois incorporar esse tipo de critério nos parâmetros de seleção é algo inovador, ainda não contemplado nos editais.

Além dessas questões apresentadas acima, foi observado também neste processo atual a seguinte situação: embora existisse uma lista de temas no edital, as propostas de projetos apresentados acabavam se concentrando mais em alguns temas do que outros, ficando um desequilíbrio no conjunto, com alguns temas com maior número de propostas que outros. Apesar de não existir uma regra de quantidade de projetos por tema, a equipe mista de avaliadores (ICT, empresa âncora e parceira) ao perceber essa situação, introduzia mais um critério na avaliação final, que se pode chamar de balanceamento de propostas por temas.

Isso ocorre por uma preocupação dos gestores em gerar um portfólio de projetos de inovação com diversidade de propostas de qualidade em todos os temas. Assim após a etapa das entrevistas, a equipe mista de avaliadores prioriza os projetos e depois selecionam por tema, entre os projetos priorizados, com intuito de conseguir o melhor balanceamento do portfólio que satisfaça aos objetivos da empresa âncora.

Constatou-se também que há um sistema de compensação entre os critérios, como exemplificado pelos próprios avaliadores entrevistados, quando um projeto candidato se destacou na pontuação do critério ‘alinhamento estratégico’ e isto foi considerado na

compensação do critério relativo aos termos de acordo de participação da ICT, com indicativo de flexibilização para viabilizar a aprovação do projeto na entrada no portfólio.

Outra questão importante observada dos dados coletados, foi que existem alguns critérios de seleção considerados mais importantes que outros. Esses dois fatores (compensação e importância) impactam no que se chama de sistema de pesos entre os critérios, necessário para que se alcance a composição desejada do portfólio. Foi observado também que alguns critérios são interdependentes, como conhecimento do mercado, aderência do produto ao mercado e satisfação do cliente. Desta forma, uma proposta de modelo para otimizar esse processo de seleção e priorização para a ICT deve contemplar a possibilidade de se atribuir diferentes pesos aos critérios e modelar a interdependência.

Além disso, os avaliadores consideraram também que as chamadas devem maximizar a quantidade de projetos captados para serem avaliados, para que ao final do processo se possa ter um conjunto mais qualificado de projetos compondo o portfólio: “ considero, por exemplo, que na primeira chamada que a gente fez (...) se a gente tivesse entrado com uma quantidade maior de projetos provavelmente 50% dos que hoje estão ainda no funil, não estariam mais, eles teriam sido substituídos, desclassificados. ”

A cada chamada do EII realizada a equipe da ICT gera novos aprendizados e busca incorporar nas chamadas seguintes, assim um processo de avaliação continuada é muito importante para o aprimoramento, como destaca um dos avaliadores: “Acho que o mais importante é avaliar, no final do processo, se a startup está no caminho certo, e correlacionar com a avaliação inicial, com a capacidade que o avaliador teve de ver o potencial e escolher”.

Assim, além dos aspectos discutidos acima, também foram analisadas outras melhorias no atual processo, de acordo com a percepção e os dados obtidos em conjunto com avaliadores e organizadores do edital, podendo-se destacar as seguintes:

- a) Preparar melhor as *startups* para o processo seletivo;
- b) Desenvolver um roteiro mais estruturado para a etapa de entrevistas;
- c) Conseguir tornar os fatores subjetivos mais facilmente pontuáveis;
- d) Ter mais clareza nos pesos dos critérios de seleção;
- e) Implementar a interdependência dos critérios, para avaliar melhor as *startups*;
- f) Capacitar melhor os avaliadores para o julgamento dos projetos.

Todo esse conhecimento gerado a partir da experiência da ICT serviu de base para a identificação das melhorias necessárias e a proposição de um modelo gerencial, que visa aprimorar o processo de seleção e priorização de projetos, apresentado na seção 4.3 a seguir.

4.3 NOVO MODELO PARA SELEÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS DA ICT

Esta seção visa à apresentação detalhada do modelo gerencial proposto para o processo de seleção e priorização de projetos de inovação, demonstrando o passo a passo da modelagem computacional proposta para representar esse sistema real, e contemplando, com base na revisão teórica e nos dados levantados e analisados, uma solução para aplicação de um algoritmo de aprendizado de máquina com um método estatístico aplicável a este objeto de estudo, demonstrando a possibilidade de incorporação no modelo proposto da experiência gerencial em processos similares anteriores, atendendo aos objetivos específicos 3 e 4 desta pesquisa.

Para isso, os resultados estão subdivididos em três subseções, a saber: a) Fundamentos do modelo computacional proposto; b) Passo a passo do modelo proposto; e c) Avaliação pela ICT do modelo proposto.

4.3.1 Fundamentos do modelo computacional proposto

A partir da análise dos resultados obtidos na revisão de literatura, na pesquisa documental e nas entrevistas com informantes chaves da ICT objeto deste estudo, apresentado na seção anterior, identificou-se que a experiência da ICT gera um aprendizado essencial para o aprimoramento do processo decisório de seleção e priorização de projetos, mas esse aprendizado está concentrado no capital humano diretamente envolvido no processo que, apesar de realizar algumas melhorias processuais, ainda não incorporou um novo modelo que implementasse de forma mais ampla e efetiva as melhorias necessárias, especialmente quando se trata da definição de critérios e pesos e do julgamento dos avaliadores.

O julgamento dos avaliadores é atualmente feito com base em critérios subjetivos. Por isso, o modelo proposto aqui parametriza os principais critérios com os aspectos que devem ser observados e pontuados em cada um deles, além de considerar as inter-relações, e coleta o peso dos critérios com base na experiência da ICT e não o que julga cada avaliador.

Por todos esses fatores, vale ressaltar a contribuição dos métodos multicritérios de apoio a decisão, conforme apresentado no artigo 1, muitos deles são amplamente utilizados em todo o mundo em gestão de portfólios com impacto positivo no aperfeiçoamento do processo decisório, com destaque os métodos AHP e ANP, conforme descritos no artigo 1, que trouxe entre outras reflexões da revisão de literatura, o que foi ressaltado por CHENG e

LI (2005), “um método efetivo de seleção de projetos ajuda a garantir uma melhor utilização dos recursos e uma maior contribuição dos projetos para a missão e os objetivos da empresa.”

Assim, na construção do novo modelo buscou-se incorporar um dos métodos mais utilizados e que também implementasse a interdependência entre os critérios de avaliação, neste sentido a escolha do método ANP foi considerada a mais adequada por implementar uma estrutura de rede, conforme Quadro 1 apresentado na seção de Revisão de Literatura deste artigo, pois no método ANP é possível modelar relações de interdependência entre os critérios de seleção de projetos.

Softwares de modelagem computacional permitem construir os modelos com base na situação real, fazer mudanças (teste de políticas) e, iterativamente, observar como cada política afeta o funcionamento do sistema como um todo. É a chamada simulação de voo. Desta forma, os gestores estudam se suas políticas surtiriam o efeito esperado antes de aplicá-las na realidade, evitando perda de dinheiro em caso de tomada de medidas ineficazes (STERMAN, 2014).

Para modelagem e simulação do uso do ANP no processo decisório do Edital de Inovação para a Indústria, foi utilizado o software SuperDecisions e os dados sobre os projetos candidatos da chamada Cidade Resiliente da categoria C do edital de inovação. A modelagem computacional também permitiu parametrizar os critérios de seleção em função de diversas melhorias necessárias identificadas no caso estudado, como por exemplo:

- a. O nível de maturidade do projeto candidato;
- b. O campo tecnológico do projeto (Ex: software, construção, biotecnologia);
- c. O capital a ser empregado;
- d. A experiência própria da ICT no conjunto das seleções anteriores.

Outro ponto relevante identificado na análise do modelo atual, é que não contempla o histórico das experiências obtidas da ICT com os projetos anteriores. Os registros das chamadas realizadas pela ICT estão em planilhas registrados em pastas no diretório do setor responsável, em formato não estruturado, que não facilita a geração e disseminação do conhecimento na organização.

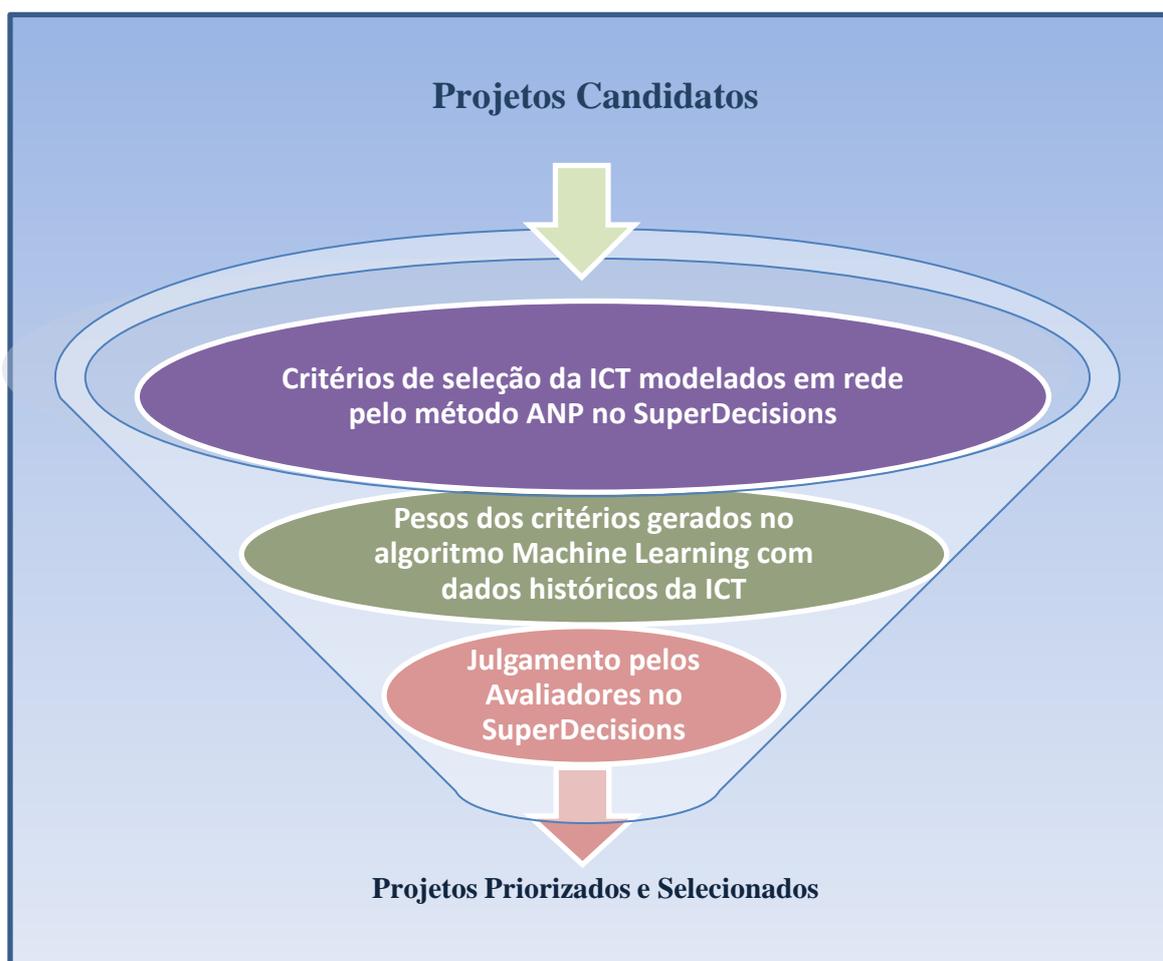
Como cada ICT tem seu conjunto de *expertises* e atua conforme a natureza específica de seus projetos, não seria útil que as experiências anteriores únicas da ICT gerassem conhecimento para o aprimoramento necessário do seu processo decisório? Se as lições aprendidas durante a seleção e o desenvolvimento dos projetos não são aproveitadas, ou estão limitadas a poucos recursos humanos envolvidos diretamente, como será aprimorado o processo decisório da ICT ao longo do tempo? Considerando que na seleção dos projetos há importantes fatores relacionados a *softskills*, como poderia ser reduzido o julgamento subjetivo dos avaliadores durante a seleção para que este não se sobreponha à experiência coletiva da própria ICT acumulada ao longo do tempo?

Para esta e outras questões relacionadas às falhas na gestão do conhecimento e da aprendizagem da organização, que implica em oportunidades de melhorias no processo decisório de seleção e priorização de projetos, este estudo propõe um modelo para seleção e priorização de projetos que contempla a incorporação de um algoritmo de aprendizagem de máquina do tipo supervisionado, com regressão logística, baseado na experiência (dados históricos) da ICT, assim considerando os acertos e erros em tomadas de decisões anteriores com relação à definição dos pesos dos critérios, tornando o modelo mais robusto para suporte à decisão e aperfeiçoando o processo de tomada de decisões, capaz de trazer os melhores resultados e benefícios à ICT.

Para isso, é muito importante a formação de uma base de dados estruturada da ICT com as notas, pesos e o resultado final relacionado ao sucesso ou não dos projetos em seleções anteriores, para que se possa gerar dados suficientes que permitam ao algoritmo de inteligência artificial analisar diferentes aspectos ou variáveis para predizer, no caso, quais as melhores escolhas, com base nos pesos dos critérios a serem aplicados aos projetos candidatos.

A incorporação de um algoritmo ML na solução proposta por este estudo, contribui assim de maneira inédita para o processo decisório que se quer aprimorar, ao possibilitar a customização das decisões baseadas nas experiências anteriores e nas particularidades de cada ICT, a serem incorporadas na base a ser utilizada pelo algoritmo, tornando o modelo gerencial mais assertivo e escalável. A figura 11 abaixo ilustra como essas etapas e recursos combinados foram aplicados no modelo proposto, conforme a lógica do funil de inovação em PPM apresentada na revisão de literatura, que melhor representa esse processo decisório.

Figura 11. Visão geral do novo processo decisório com ANP e *Machine Learning*.



Fonte: Elaboração própria, 2020.

4.3.2 Apresentação passo a passo do modelo computacional proposto

O modelo proposto a seguir foi construído considerando um conjunto de recursos aplicáveis à Gestão de Portfólio de Projetos do objeto estudado, tendo como base: a) a análise crítica do processo atual apresentada na seção anterior, b) a revisão de literatura, apresentado no Artigo 1, especificamente sobre o método ANP, e neste artigo, e: c) um algoritmo ML com regressão logística. Conforme representado nos três níveis da Figura 10, o modelo proposto tem as seguintes macro etapas:

1. Modelagem ANP – esta 1ª etapa do modelo proposto refere-se à modelagem computacional dos critérios de seleção do edital, com uso do software SuperDecisions, que implementa o método multicritério ANP;

2. Algoritmo ML com Regressão Logística - esta 2ª etapa refere-se à implementação de um algoritmo de aprendizado de máquina (*machine learning*) do tipo supervisionado com a técnica estatística da regressão logística, para geração dos pesos dos critérios. Na simulação realizada, utilizou-se dados multiplicados da chamada do Edital Cidade Resiliente, uma das chamadas do edital de inovação estudadas nesta pesquisa, que serviu para alimentar uma base de dados a ser utilizada pelo algoritmo, para se calcular os pesos dos critérios totalmente baseado na experiência anterior da ICT, para depois ser lançado no software Superdecisions;
3. Julgamento dos avaliadores e resultado final - esta 3ª etapa refere-se ao julgamento dos avaliadores no software Superdecisions com o peso dos critérios gerado pelo algoritmo ML, e após, a geração do resultado final da seleção.

4.3.2.1 - Modelagem Computacional com o método ANP

A seguir são apresentados os passos da modelagem computacional com o método ANP no software Superdecisions, com base nos dados apresentados na seção 4.1 deste artigo, e os referentes à chamada do edital Cidade Resiliente, cujos dados coletados são representativos do processo atual.

Para realização da modelo com o ANP, foram consideradas também as respostas dos avaliadores durante as entrevistas realizadas sobre o processo atual (vide Apêndice IV), consolidados no Quadro 5 a seguir.

Também foram identificados: a) a existência ou não de interdependência entre os critérios de seleção e b) a importância de um critério em relação a outro. Essas respostas foram consolidadas em planilha Excel e depois lançadas no software.

Os critérios abaixo acordados com os avaliadores-chave foram utilizados para modelar a solução proposta já considerando a unificação de alguns critérios existentes, mas que foram considerados semelhantes. No Apêndice VII consta a tabela de correlação entre os critérios.

Quadro 5. Critérios para julgamento dos projetos

CRITÉRIO	DESCRIÇÃO
1. Cliente	Conhecimento/entendimento da empresa sobre os potenciais segmentos de clientes e suas especificidades.
2. Viabilidade do Negócio (Proposta de Valor)	Benefícios da solução para o mercado / potencial de ser incorporada pelo mercado
3. Diferenciais Competitivos de Mercado	Diferenciais relevantes da proposta frente a seus concorrentes diretos e indiretos, com potencial de escalabilidade do modelo de negócio.
4. Escopo da Solução (Desafio Tecnológico ou Metodológico)	Definição do escopo e das características gerais da solução proposta. Clareza sobre os desafios tecnológicos ou metodológicos do projeto e se esses são relevantes para os atores envolvidos na chamada
5. Competências do Empreendedor	Apresentação de competências, habilidades e experiências gerenciais e técnicas do empreendedor e/ou da equipe para o desenvolvimento do projeto.
6. Disponibilidade do Empreendedor	Disponibilidade do empreendedor em ficar 3 meses iniciais em Salvador com autonomia e capacidade de tomar decisões para modelagem da solução e do negócio
7. Aceitação do Acordo de PI	Entendimento e aceitação do acordo de PI
8. Estágio da Solução (Validação Prévia do Produto)	Iniciativas e testes já realizados que garantam o interesse do cliente ao produto/serviço
9. Alinhamento Estratégico com o Demandante	Adequação do projeto aos interesses dos stakeholders da Empresa âncora e aos temas do edital
10. Alinhamento Estratégico com o SENAI	Adequação do projeto aos interesses dos stakeholders da ICT (SENAI) e aos temas do edital
11. Risco Técnico	Análise do projeto quanto a riscos técnicos / tecnológicos que impactem sua viabilidade

Fonte: Elaboração própria, 2020.

a) Passo 1 – Criação dos critérios e atribuição das interdependências entre eles.

Considerando o alinhamento prévio com a ICT quanto aos critérios da seleção, seguem os passos da modelagem ANP. O primeiro passo do modelo inicia-se com a criação critérios no software, conforme demonstrado na Figura 12 a seguir, onde na coluna *Nodes* os critérios são definidos como nós da rede ANP e na coluna *Connected*, são marcados, para cada critério, se há interdependência ou não entre este e os demais critérios (*Outer dependence*), inclusive de cada critério consigo (*Inner dependence*), se houver.

Além disso, são identificados os *clusters* e seus elementos (Figura 13 a seguir). Esses parâmetros são essenciais para criação da rede ANP, conforme explicado na revisão de literatura apresentada no Artigo 1 e neste artigo.

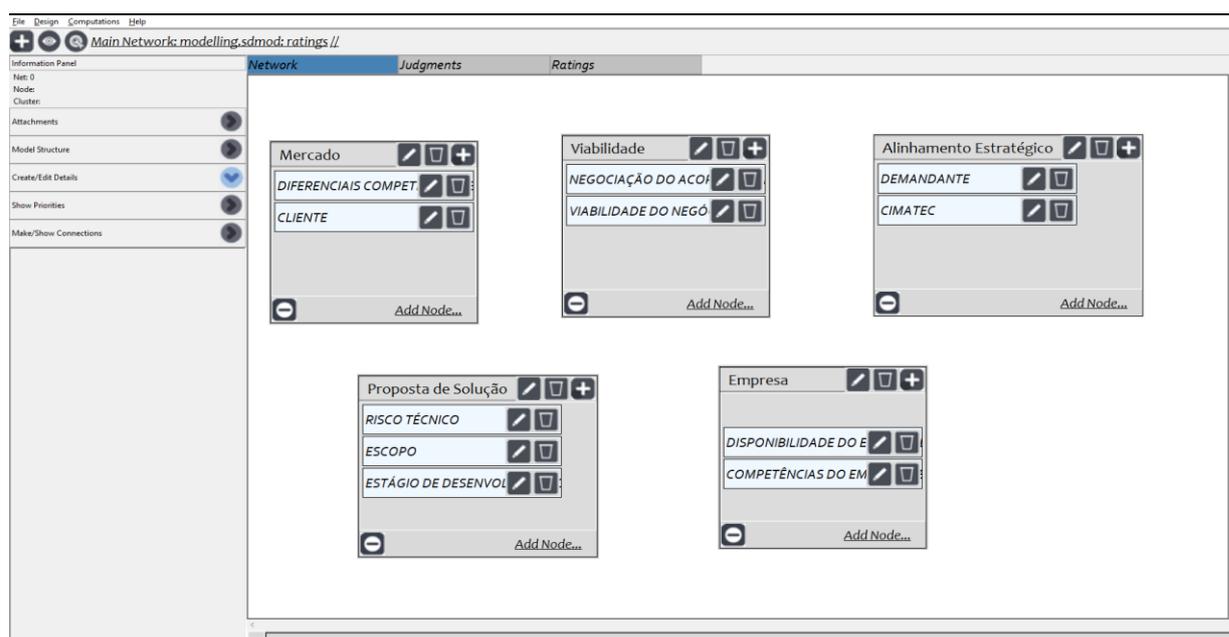
Figura 12. Criação dos critérios de seleção de projetos no software SuperDecisions.

Nodes	Connected	
CIMATEC	<input type="checkbox"/>	Alinhamento estratégico Demandante Cimatec
CLIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>	
COMPETÊNCIAS DO EMPR...	<input checked="" type="checkbox"/>	Empresa Disponibilidade do Empreendedor Competências do Empreendedor
DEMANDANTE	<input type="checkbox"/>	
DIFERENCIAIS COMPETITIV...	<input checked="" type="checkbox"/>	Proposta de Solução Risco Técnico Escopo Estágio de Desenvolvimento da Solução Diferenciais Competitivos de Mercado
DISPONIBILIDADE DO EMP...	<input type="checkbox"/>	
ESCOPO	<input type="checkbox"/>	
ESTÁGIO DE DESENVOLVI...	<input checked="" type="checkbox"/>	
NEGOCIAÇÃO DE FORMA...	<input type="checkbox"/>	Viabilidade Negociação do Acordo de PI Viabilidade do Negócio
PROPOSTA DE VALOR	<input type="checkbox"/>	
RISCO TÉCNICO	<input checked="" type="checkbox"/>	Mercado Cliente
VIABILIDADE DO NEGÓCIO	<input type="checkbox"/>	

Fonte: Elaboração própria, 2020.

b) Passo 2 – São criados os clusters para organizar e classificar os critérios de seleção predefinidos, conforme figura 13 a seguir. Para o caso estudado, foram criados os clusters Mercado, Viabilidade, Alinhamento Estratégico, Proposta de Solução e Empresa.

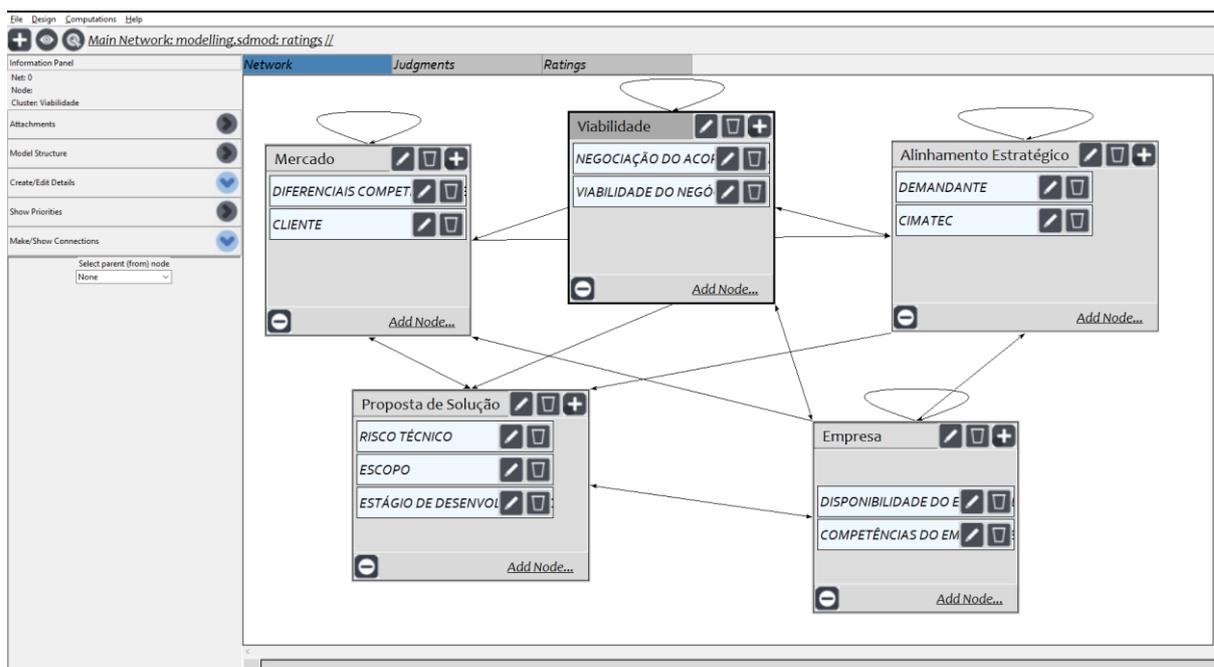
Figura 13. Definição dos clusters dos critérios no software SuperDecisions.



Fonte: Elaboração própria, 2020.

c) Passo 3 - São analisadas as interdependências entre os critérios e criadas as conexões, incluindo as relações de feedback e as de auto dependência. O ANP sintetiza o efeito da dependência e feedback dentro e entre os conjuntos (clusters) de elementos, formando assim a rede ANP. A Figura 14 abaixo apresenta a rede ANP formada com os critérios deste estudo.

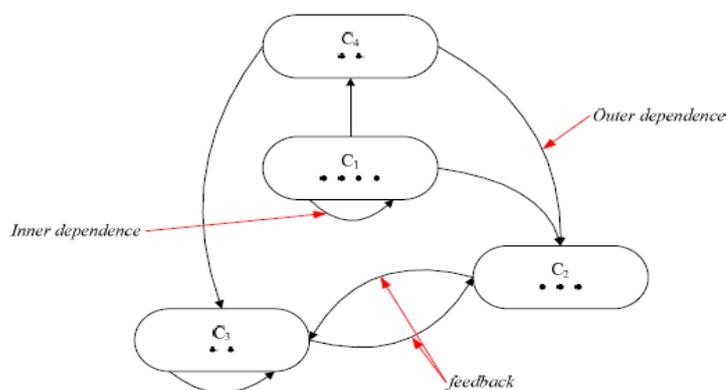
Figura 14. Modelagem das relações de dependência e feedback entre os critérios.



Fonte: Elaboração própria, 2020.

Verifica-se que uma rede é uma estrutura não-linear que se expande em todas as direções, possui clusters não organizados em uma ordem pré-definida, e apresenta relações de influência que são transmitidas dentro de um mesmo conjunto de elementos (*inner dependence*) e também entre conjuntos (*outer dependence*), como figura 15 (SAATY, 2005).

Figura 15. Estrutura da rede ANP



Fonte: Saaty, 2005.

4.3.2.2 – Geração dos pesos dos critérios com um algoritmo de Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*)

O modelo apresentado neste tópico foi desenvolvido com um algoritmo ML do tipo Supervisionado que implementa a técnica estatística de Regressão logística, conforme explicitado no referencial teórico deste artigo. Esse método possibilita implementar a relação entre uma variável dependente categórica, que neste caso é o sucesso ou não dos projetos selecionados, com duas ou mais variáveis independentes de um determinado processo, que no caso são os critérios de seleção e os pesos dos critérios. Este tipo de algoritmo possibilita assim estimar a probabilidade de um evento assumir determinado rótulo (como por exemplo, Sim ou Não) de acordo com um conjunto de variáveis explanatórias (independentes).

Considerando uma base histórica carregada com os dados das seleções anteriores, o algoritmo de ML acessa e gera uma matriz de pesos dos critérios para se obter um determinado resultado. Caso não se tenha uma base histórica estruturada, até que o algoritmo ML possa ser utilizado para fazer as melhores aproximações, é necessária criar uma base com os dados da ICT em seleções anteriores, com uso do SuperDecisions ou da Plataforma do EII ou outro.

Para captura desse histórico neste caso estudado, considerando que os dados das seleções anteriores estão armazenados de forma não estruturada, em várias planilhas Excel, foi desenvolvida uma interface básica, figura 16 abaixo, para que o usuário da Aceleradora do SENAI CIMATEC possa lançar o histórico das seleções anteriores, apresentados a seguir.

Figura 16. Interface para captura dos dados históricos da ICT.

Generating Weights

Chamada	<input type="text" value="Bioenergia"/>	<input type="text" value="Bienergy"/>	Candidato
Critério 1	<input type="text" value="empreendedor e equipe"/>	<input type="text" value="9"/>	Nota
Critério 2	<input type="text" value="viabilidade de negócio"/>	<input type="text" value="1"/>	Nota
Projeto bem-sucedido? (0 Sim ou 1 Não)	<input type="text" value="1"/>		

Fonte: Elaboração própria, 2020.

Essa interface alimenta uma base de dados para uso pelo algoritmo ML. Esta acima foi desenvolvida para este estudo em MongoDB. Em um desenvolvimento futuro, pode ser em utilizado outro banco de dados, como Postgres, Oracle, SQL Server, à critério da ICT.

Na figura 16 acima, verifica-se um exemplo com dois critérios para ilustrar a funcionalidade, mas pode haver mais, a quantidade de critérios pode variar para contemplar todos os critérios estabelecidos pela ICT, o algoritmo aceita qualquer quantidade de critérios. Através dessa aplicação (figura 16), é possível alimentar a base de dados com as informações de cada chamada de edital realizada anteriormente, lançando-se as notas para cada critério de cada projeto candidato e o resultado final, ou seja, se aquele projeto selecionado, após 1 ano, foi bem-sucedido ou não. Ao se clicar no botão ‘Enviar’, os dados digitados são armazenados no banco de dados.

Na figura 17 a seguir, é exibido à direita (apenas para ilustração, mais adiante seguirão os detalhes) o código da aplicação chamada API REST, uma interface de programação que permite integrar aplicações, em conformidade com a arquitetura REST (*Representational State Transfer* (Transferência Representacional de Estado)). Neste formato fica disponível para a ICT integrar e utilizar na sua infraestrutura já existente (aplicações, bancos e servidores).

Figura 17. Formação da base com dados históricos da ICT.

The image shows a web application interface on the left and a REST client console on the right. The web application is titled "Generating Weights" and contains a form with the following fields and values:

- Bioenergia
- Bienergia
- empreendedor e equipe: 9
- viabilidade de negócio: 1
- 1

Below the form are two buttons: "Enviar" (green) and "Calcular" (blue). The REST client console on the right shows the following JSON responses:

```

{
  "name": "Bioenergia", "company": "Bioenergia", "criteria": Array(2), "success": true
}
{
  "name": "empreendedor e equipe", "company": "empreendedor e equipe", "criteria": Array(2), "success": true
}
{
  "name": "viabilidade de negócio", "company": "viabilidade de negócio", "criteria": Array(2), "success": true
}
{
  "name": "1", "company": "1", "criteria": Array(2), "success": true
}

```

Fonte: Elaboração própria, 2020.

Esse API REST acessa um servidor interno, e assim quando se clica no botão ‘Enviar’, o formulário (da tela) preenchido é enviado como uma requisição para o servidor, que processa os dados e retorna no formato *Json*, como mostrado na Figura 18 a seguir, um arquivo de texto confirmando que aqueles dados foram cadastrados na base histórica.

Figura 18. Etapa em que o algoritmo confirma a entrada dos dados na base histórica.

```

POST requisition -> Need a JSON Body (see
example.JSON), stores a call in the database
Example Body:

{
  "name": "bioenergia",
  "company": "some startup",
  "criteria": [
    {
      "name": "empreendedor e equipe",
      "score": 0
    },
    {
      "name": "viabilidade de negócio",
      "score": 1
    }
  ],
  "success": 1
}

```

Fonte: Elaboração própria, 2020.

Essa ação acontece de forma cumulativa, armazenando-se a cada lançamento, os dados cadastrados sobre os critérios e projetos das seleções anteriores, e assim vai construindo a base histórica da ICT. Após lançamento dos dados das chamadas anteriores, ao se clicar no botão ‘Calcular’, o algoritmo irá retornar o peso dos critérios na comparação par a par, com base nos registros históricos até aquele momento da requisição, conforme verifica-se na Figura 19.

Figura 19. Etapa em que o algoritmo retorna o peso do critério baseado no histórico.

```

{
  "classification": {
    "0": {
      "f1-score": 0.0,
      "precision": 0.0,
      "recall": 0.0,
      "support": 0.0
    },
    "1": {
      "f1-score": 0.0,
      "precision": 0.0,
      "recall": 0.0,
      "support": 2.0
    },
    "accuracy": 0.0,
    "macro avg": {
      "f1-score": 0.0,
      "precision": 0.0,
      "recall": 0.0,
      "support": 2.0
    },
    "weighted avg": {
      "f1-score": 0.0,
      "precision": 0.0,
      "recall": 0.0,
      "support": 2.0
    }
  },
  "result": {
    "empreendedor e equipe": {
      "viabilidade de negócio": -9
    }
  },
  "saved": true
}

```

Fonte: Elaboração própria, 2020.

O algoritmo interpreta o que está dentro do *array* de critérios como *features* para a função da regressão logística (Figura 20 abaixo), e a propriedade de sucesso do projeto como o *target* e então os pesos dos critérios são retornados, dentro do *result*. No exemplo da figura 19 acima, o critério ‘Viabilidade de negócio’ relativo ao critério ‘Empreendedor e equipe’ tem peso de ‘-9’, em referência à escala fundamental da comparação par a par de Saaty (Quadro 6 do Artigo 1 desta tese e Figura 2 deste artigo) utilizada para a modelagem com o método ANP.

Figura 20. Função estatística da Regressão Logística aplicada para predição dos pesos

```
# Custom imports
from pandas import DataFrame

from sklearn.linear_model import LogisticRegression
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import classification_report

def __getTrainedDatasets(dataframe: DataFrame, features: list, target: list) → tuple:
    X = dataframe[features]
    y = dataframe[target]

    X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(
        X, y, test_size=0.3, random_state=101)

    return X_train, X_test, y_train, y_test

def getModelAndClassification(dataframe: DataFrame, features: list, target: list) → tuple:
    model: LogisticRegression = LogisticRegression()

    X_train, X_test, y_train, y_test = __getTrainedDatasets(
        dataframe, features, target)

    model.fit(X_train, y_train)

    predictions = model.predict(X_test)

    classification = classification_report(
        y_test, predictions, zero_division=0, output_dict=True)

    return model, classification
```

Fonte: Elaboração própria, 2020.

Conforme explicitado na figura 20 acima, o algoritmo através da função ‘*Classification*’ explicitada nos passos da figura 20 acima, chama a técnica estatística da Regressão Logística, na figura acima chamada de ‘*LogisticRegression*’ para predição dos pesos dos critérios acessando a base histórica e retornando os valores de forma característica, que depois é transformada por uma equivalência numérica (Figura 21 a seguir) ao range definido ‘de -9 a 9’, para serem utilizados nas chamadas de editais subsequentes.

Figura 21. Função matemática para equivalência numérica dos valores gerados

```
def __treatCoefficients(coefficients: list, lowerLimit: int, higherLimit: int) -> list:
    sortedCoefficients = sorted(coefficients)

    oldRange = sortedCoefficients[0] - \
        sortedCoefficients[len(sortedCoefficients) - 1]

    newRange = higherLimit - lowerLimit

    treatedCoefficients: list = []

    for x in range(len(coefficients)):
        distance = abs(coefficients[x] - sortedCoefficients[0])

        value = (distance * newRange / oldRange) - 1

        treatedCoefficients.append(int(round(value)))

    return treatedCoefficients
```

Fonte: Elaboração própria, 2020.

Lembrando-se também que os pesos dos critérios na comparação par a par são diametralmente opostos, ou seja, neste exemplo, o critério ‘Empreendedor e equipe’ relativo ao critério ‘Viabilidade de negócio’ tem peso ‘+9’. Com base nesses dados, o algoritmo também gera esse resultado em formato gráfico, como na Figura 22 a seguir, que foi utilizado nesta proposta para auxiliar o usuário final no lançamento desse dado no Superdecision.

Figura 22. Gráfico com o peso gerado pelo algoritmo na comparação par a par.



Fonte: Elaboração própria, 2020.

Neste exemplo demonstrado, e considerando a Escala Fundamental de Saaty para comparação par a par dos critérios de seleção, lê-se que: a ‘Viabilidade de negócio’ é extremamente mais importante, ou extremamente preferível, do que ‘Empreendedor e equipe’.

Este algoritmo ML do tipo supervisionado com uso da técnica estatística da regressão logística, e com acesso a um alto volume de entradas de dados, tem o propósito de gerar um aprendizado baseado na experiência da própria ICT, na medida em que se permite auto ajustar constantemente os pesos dos critérios. Desta forma, os pesos seriam diferentes ao longo do tempo, com base nas entradas (seleções de projetos realizadas em diversas chamadas do edital), assim conforme novos dados vão entrando na base, o modelo vai ajustando os seus parâmetros, conforme demonstrado na figura 23 a seguir, onde se observa a função 'fit' (linha 35) que possibilita o ajuste constante no treino do algoritmo, assim implementando o aprendizado contínuo baseado na experiência (base de dados da ICT).

Figura 23. Algoritmo com função que implementa o ajuste constante (aprendizado).

```

generating-weights [WSL: Ubuntu-18.04] - Learner.py
1 # Custom imports
2 from pandas import DataFrame
3
4 from sklearn.linear_model import LogisticRegression
5 from sklearn.model_selection import train_test_split
6 from sklearn.metrics import classification_report
7
8 # Aqui são gerados os datasets de treino
9 # para realizar o fit no modelo de machine
10 # learning.
11
12
13 def __getTrainedDatasets(dataframe: DataFrame, features: list, target: list)
14     -> tuple:
15     X = dataframe[features]
16     y = dataframe[target]
17
18     X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(
19         X, y, test_size=0.3, random_state=101)
20
21     return X_train, X_test, y_train, y_test
22
23 # Aqui é criado o modelo de regressão logística
24 # e ajustado de acordo com os dados de teste e
25 # treinamento. A predição gerada nesse passo
26 # é utilizada para gerar as informações de
27 # fitting, etc.
28
29 def getModelAndClassification(dataframe: DataFrame, features: list, target: list)
30     -> tuple:
31     model = LogisticRegression()
32
33     X_train, X_test, y_train, y_test = __getTrainedDatasets(
34         dataframe, features, target)
35     model.fit(X_train, y_train)
36
37     predictions = model.predict(X_test)
38
39     classification = classification_report(
40         y_test, predictions, zero_division=0, output_dict=True)
41
42     return model, classification
43

```

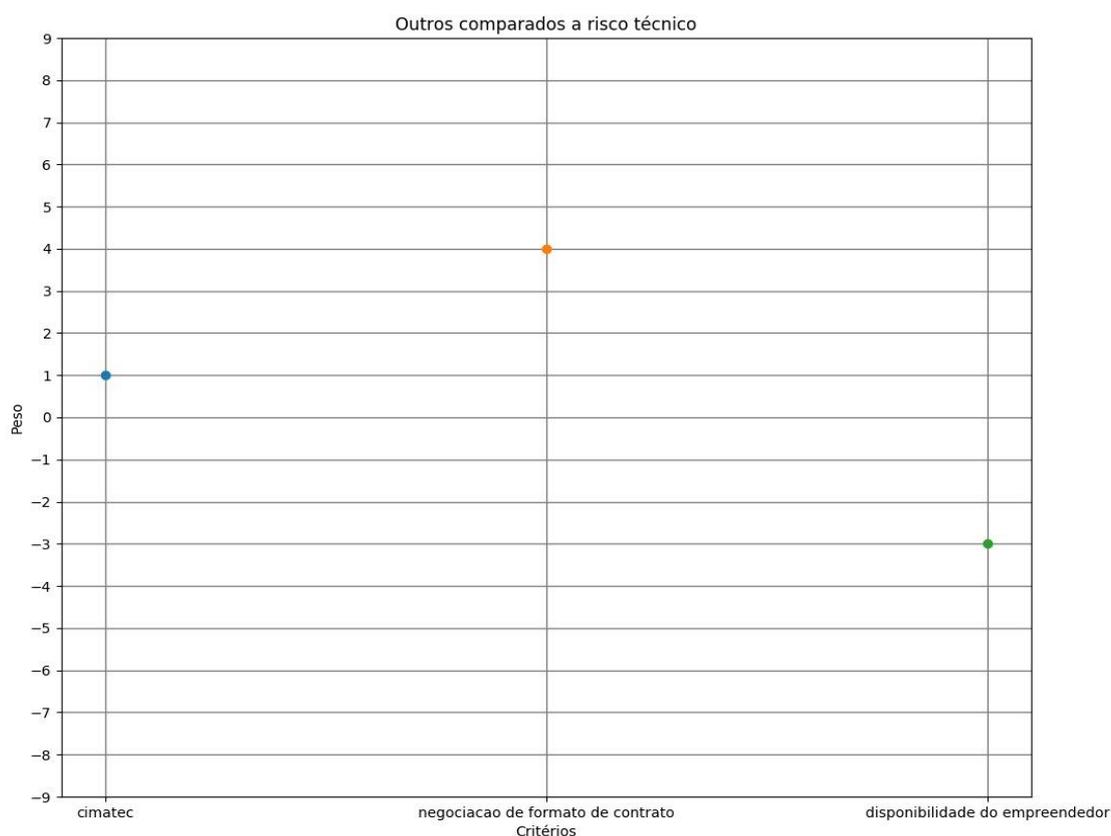
Fonte: Elaboração própria, 2020.

O algoritmo ML assim implementa um processo iterativo, com os parâmetros de teste e de treino que possibilita gerar os dados para o processo de autoajuste (*fitting*). Esta etapa completa do algoritmo ML está disponibilizada no Apêndice VI.

Para simular o uso desse algoritmo com mais critérios, como em um edital, foram utilizados dados multiplicados da chamada do Edital Cidade Resiliente, uma das chamadas do edital de inovação estudadas nesta pesquisa, que serviu para alimentar a base de dados inicial a ser utilizada pelo algoritmo, que pudesse ser totalmente baseada na experiência anterior da ICT, para então se calcular os pesos dos critérios a ser lançado no software Superdecisions.

Foram considerados nessa simulação os seguintes critérios: "empreendedor e equipe", "viabilidade de negócio", "cliente", "competências do empreendedor", "escopo", "estágio de desenvolvimento", "proposta de valor", "demandante", "risco técnico", "Cimatec", "negociação de formato de contrato", "disponibilidade do empreendedor". Segue na Figura 23 a seguir uma amostra dos resultados obtidos com mais critérios.

Figura 24. Amostra com os pesos gerados considerando vários critérios.



Fonte: Elaboração própria, 2020.

Nesta amostra trazida na Figura 24, com o resultado da comparação par a par dos critérios de seleção, e interpretando-se com base na Escala Fundamental de Saaty já citada anteriormente, lê-se que: em relação ao critério ‘Risco Técnico’, o critério ‘Alinhamento Estratégico com Cimatec’ é 1 – igualmente importante. O critério ‘Negociação com o contrato (Acordo de PI)’ é 4 – entre moderado e significativamente mais importante que o Risco Técnico; e o critério ‘Disponibilidade do Empreendedor’ é ‘-3’ – ligeiramente menos importante que o ‘Risco Técnico’.

Desta forma, o algoritmo gera os pesos para a comparação par a par entre todos os critérios cadastrados, que nesta proposta servirá para lançamento dos dados na etapa final da modelagem ANP no software Superdecisions, que será descrita no item 4.3.2.3 a seguir.

O propósito do uso deste algoritmo no modelo proposto é que seja executado como um serviço dentro de um servidor da ICT. Este algoritmo foi desenvolvido em Python, versão 3.6.9, pela facilidade de desenvolvimento utilizando-se as bibliotecas já existentes (como Scikit-learn, Pandas, Matplotlib e Flask) utilizadas nesta proposta, e que buscou também disponibilizar como um serviço API REST, visando dar mais flexibilidade ao SENAI CIMATEC de incorporar com algum micro serviço (programa) dentro de algum servidor já existente no SENAI.

Como por exemplo, algum servidor que a área Aceleradora Cimatec tenha acesso, ficando sempre disponibilizado, podendo ser acessado de forma contínua, e não ser executado de vez em quando, e assim também não depender de nenhuma plataforma específica, nem do Visual Studio para ser executado, pois qualquer computador que tenha o Python instalado, poderá executar esse algoritmo, independentemente da plataforma.

4.3.2.3 – Julgamento dos Avaliadores e Resultado final obtido com a Modelagem ANP

Esta terceira etapa do modelo proposto refere-se:

- a) Ao lançamento dos pesos dos critérios, incorporando assim na modelagem ANP o resultado gerado pelo uso do algoritmo *Machine Learning* (ML). Esta é uma abordagem nova, quando contempla este cálculo dos critérios conforme demonstrado na seção anterior, e que considera a base histórica da experiência coletiva da ICT e não o de cada avaliador individualmente.

- b) Ao julgamento dos projetos candidatos pelos avaliadores, com base nas escalas de avaliação de cada critério, lançados no software Superdecisions, para que sejam então realizadas as etapas finais de seleção e priorização de projetos pelo ANP.

As etapas do método ANP já se encontram estruturadas no software Superdecisions, possibilitando a geração do resultado final da seleção, sem necessidade de qualquer outra ferramenta ou planilha de apoio.

Na Figura 25 a seguir, tem-se uma amostra da execução da etapa de indicação dos pesos dos critérios na comparação par a par. Lembrando que os critérios foram previamente modelados na 1ª etapa e os pesos foram gerados pelo algoritmo ML e exportados de forma gráfica para que o usuário tenha mais facilidade e rapidez para realizar esse lançamento no software SuperDecisions.

Figura 25. Atribuição dos Pesos dos Critérios de seleção na comparação par a par.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
1. Alinhamento ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cr	
2. Alinhamento ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cr	
3. Alinhamento ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cr	
4. Alinhamento ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cr	
5. Empresa	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cr	
6. Empresa	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cr	
7. Empresa	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cr	
8. Mercado	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cr	
9. Mercado	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cr	
10. Proposta de ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No cr

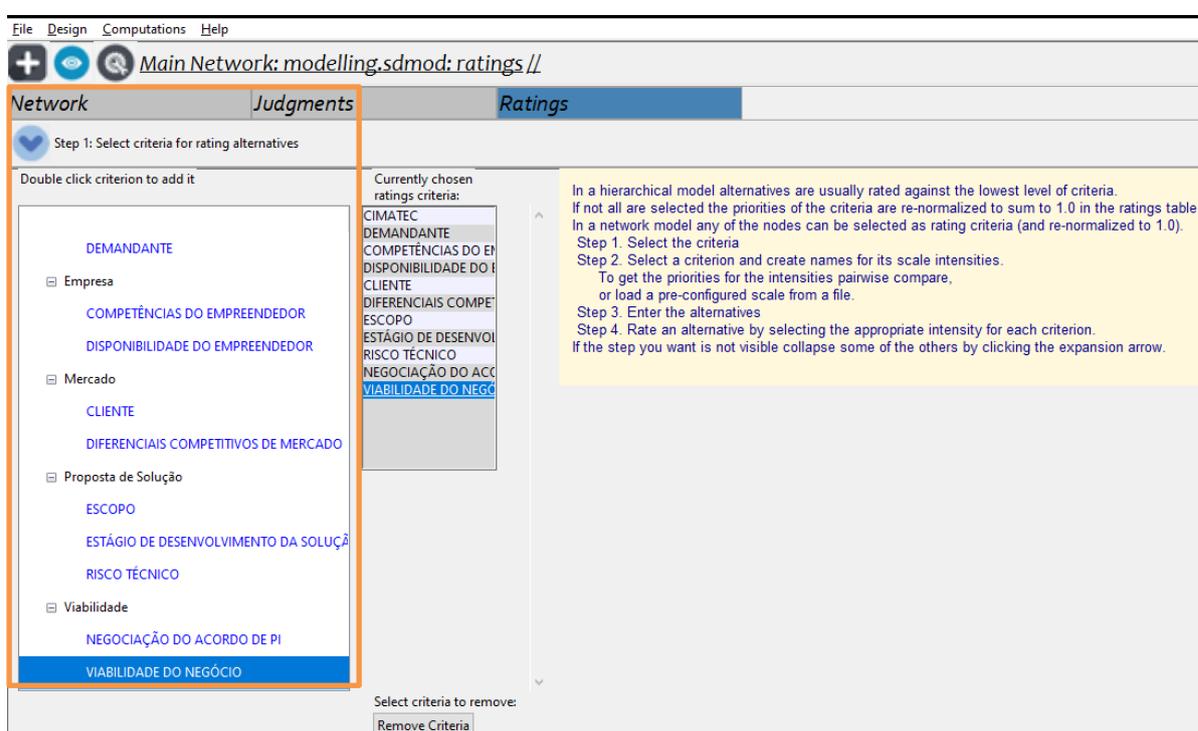
Fonte: Elaboração própria, 2020.

Nesta amostra acima, está sendo modelado no software o peso do critério 'Viabilidade' em comparação aos demais critérios previamente cadastrados na rede ANP. Onde se percebe os valores positivos em azul e os valores negativos em vermelho, implementando de maneira plena a Escala Fundamental da comparação par a par de Saaty (Quadro 6 do Artigo 1 desta tese e Figura 2 deste artigo) utilizada na modelagem ANP.

A partir dessa etapa, segue-se uma sequência final de três passos do método ANP no software SuperDecisions, demonstrados a seguir.

Passo 1 – Criação da escala de avaliação para cada critério (também conhecidas como rubricas da avaliação), preparando-se as opções de julgamento para cada critério de seleção, a ser utilizado para avaliação de cada projeto candidato pelos avaliadores, que serão lançados nos passos seguintes. Tem-se como exemplo de escala de avaliação: Excelente, Média, Abaixo da Média, Acima da Média.

Figura 26. Criação das alternativas de julgamento para cada critério

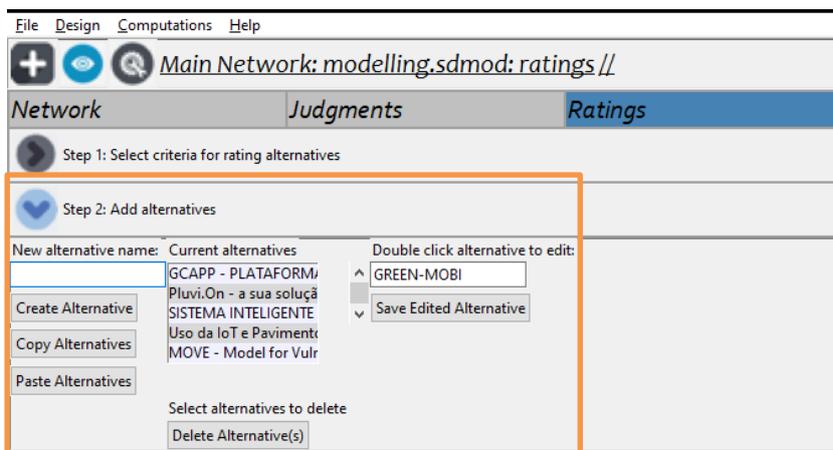


Fonte: Elaboração própria, 2020.

Passo 2 – Lançamento dos projetos candidatos.

Nesta etapa da modelagem ANP são lançados os nomes dos projetos candidatos, conforme figura 27 a seguir. Neste caso estudado, foram utilizados os dados da chamada do edital Cidade Resiliente, informados pela área Aceleradora do SENAI CIMATEC em planilha Excel, a saber: projetos candidatos e notas dos avaliadores. O software se refere a esta etapa como ‘adicionar alternativas’.

Figura 27. Lançamento dos projetos candidatos no software SuperDecisions



Fonte: Elaboração própria, 2020.

Passo 3 – Avaliação dos projetos candidatos no software SuperDecisions

Nesta etapa da modelagem ANP é realizada a avaliação dos projetos, com lançamento das notas dos avaliadores para cada um dos projetos candidatos em cada um dos critérios de seleção e considerando todos os parâmetros anteriores, conforme figura 28 a seguir.

Figura 28. Lançamento dos projetos candidatos no software SuperDecisions

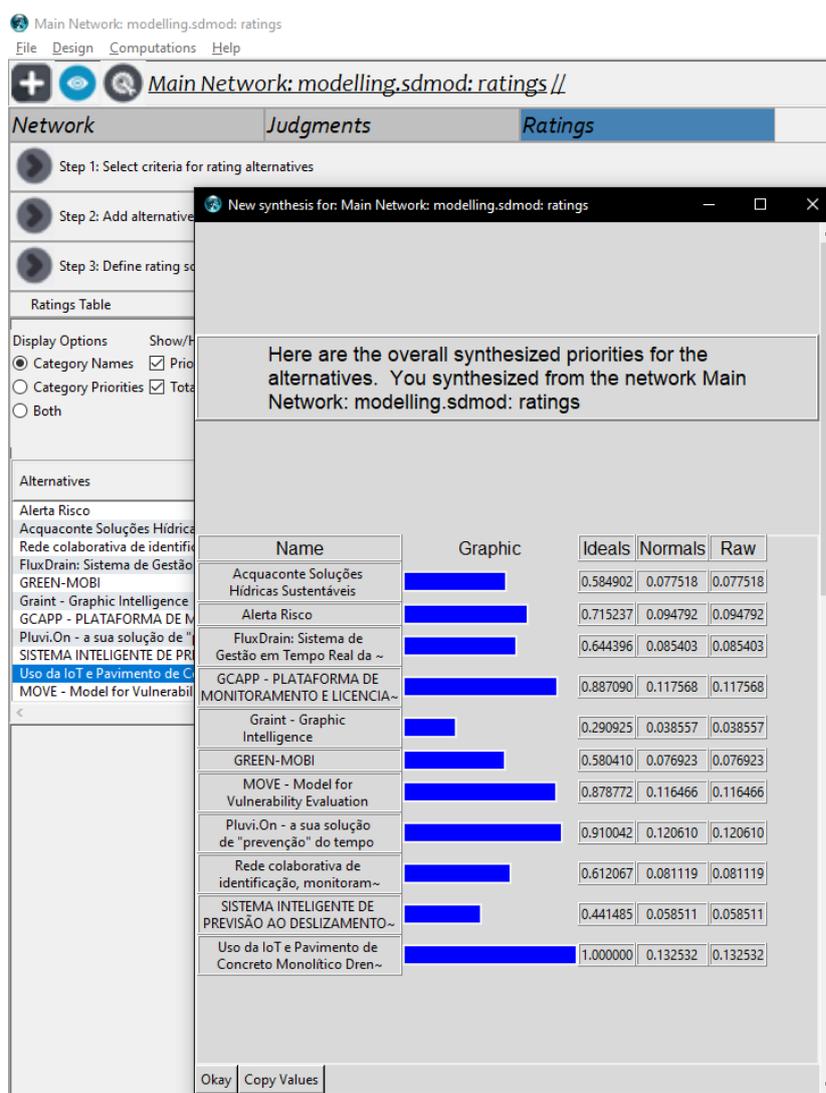
Alternatives	Priorities	Totals	PROPOSTA DE ... (0,1979)	COMPETÊNCIA... (0,0581)	DIFERENCIAIS ... (0,1290)	ESCOPO (0,0695)	VIABILIDADE D... (0,0543)
Alerta Risco	0,0948	0,6662	EXCELLENT	EXCELLENT	ABOVE AVERAGE	AVERAGE	ABOVE AVARA...
Acquaonete Soluções Hídricas Sustentáveis	0,0775	0,5448	EXCELLENT	EXCELLENT	ABOVE AVERAGE	ABOVE AVERAGE	ABOVE AVARA...
Rede colaborativa de identificação, monitoramento volumétrico 3D e registro de infração no descarte clandestino de entulho e encostas em situação de risco	0,0811	0,5701	EXCELLENT	ABOVE AVERAGE	ABOVE AVERAGE	AVERAGE	ABOVE AVARA...
FluxDrain: Sistema de Gestão em Tempo Real da Drenagem Urbana	0,0854	0,6002	EXCELLENT	EXCELLENT	ABOVE AVERAGE	ABOVE AVERAGE	ABOVE AVARA...
GREEN-MOBI	0,0769	0,5406	EXCELLENT	AVERAGE	ABOVE AVERAGE	AVERAGE	AVERAGE
Graint - Graphic Intelligence	0,0386	0,2710	ABOVE AVERAGE	ABOVE AVERAGE	AVERAGE	AVERAGE	AVERAGE
GCAPP - PLATAFORMA DE MONITORAMENTO E LICENCIAMENTO AMBIENTAL	0,1176	0,8263	EXCELLENT	EXCELLENT	EXCELLENT	ABOVE AVERAGE	EXCELLENT
Pluvi.On - a sua solução de "prevenção" do tempo	0,1206	0,8477	EXCELLENT	EXCELLENT	ABOVE AVERAGE	EXCELLENT	EXCELLENT
SISTEMA INTELIGENTE DE PREVISÃO AO DESLIZAMENTO DE TERRA	0,0585	0,4112	EXCELLENT	EXCELLENT	ABOVE AVERAGE	POOR	AVERAGE
Uso da IoT e Pavimento de Concreto Monolítico Drenante.	0,1925	0,9315	EXCELLENT	ABOVE AVERAGE	EXCELLENT	EXCELLENT	EXCELLENT
MOVE - Model for Vulnerability Evaluation	0,1165	0,8185	EXCELLENT	EXCELLENT	EXCELLENT	AVERAGE	ABOVE AVARA...

Fonte: Elaboração própria, 2020.

Na figura acima verifica-se, em cada linha, os projetos candidatos e em cada coluna os critérios de seleção, onde se aplica o julgamento dos avaliadores, que são consolidados.

Após se cumprir esses três passos, o software Superdecisions gera a classificação final dos projetos candidatos, considerando todos os dados cadastrados e consistindo internamente os parâmetros da rede ANP. A Figura 29 a seguir apresenta os projetos classificados.

Figura 29. Resultado final gerado pela rede ANP no Superdecisions



Fonte: Elaboração própria, 2020.

Observando a figura 29 acima, verifica-se a pontuação de cada projeto, dos quais pode se destacar os cinco projetos selecionados e priorizados por este modelo, a saber:

1. Uso da IoT em Pavimento Concreto Monolítico Drenante
2. Pluvi.On - a sua solução de "prevenção" do tempo
3. MOVE - *Model for Vulnerability Evaluation*
4. GCAPP - Plataforma de monitoramento e licenciamento ambiental
5. Alerta Risco

Analisando-se comparativamente o resultado gerado através da Modelagem ANP com o resultado final da avaliação pela ICT para a chamada do Edital Cidade Resiliente, percebe-se diferença entre os projetos selecionados pelos dois processos, conforme demonstrado no Quadro 6 a seguir.

Quadro 6. Comparativo do resultado final do processo atual x modelo proposto

Resultado do processo atual	Resultado do modelo proposto
FluxDrain: Sistema de Gestão em Tempo Real da Drenagem Urbana	Uso da IoT em Pavimento Concreto Monolítico
GREEN-MOBI	Pluvi.On - a sua solução de "prevenção" do tempo
Pluvi.On - a sua solução de "prevenção" do tempo	MOVE - <i>Model for Vulnerability Evaluation</i>
MOVE - <i>Model for Vulnerability Evaluation</i>	GCAPP - Plataforma de monitoramento e licenciamento ambiental
Acquaconte Soluções Hídricas Sustentáveis	Alerta Risco

Fonte: Elaboração própria, 2020.

O edital Cidade Resiliente, objeto desta análise, contou com 25 projetos candidatos e selecionou cinco projetos, conforme divulgado como resultado final. Os dados dessa chamada estão disponíveis em planilha Excel com os autores.

Observou-se no quadro 6 acima, que apenas dois destes projetos foram coincidentes nos dois processos decisórios, ou seja, apenas 40% dos projetos selecionados. Buscou-se revisar os valores desses projetos e percebeu-se diferenças na avaliação atribuída pelos avaliadores e os valores calculados pelo algoritmo ML, que considerou neste estudo os dados históricos de duas seleções (Cidade Sustentável e Cidade Resiliente).

Em análise na planilha Excel para entendimento do resultado encontrado, observou-se uma coluna 'Feedback', referente à avaliação final dos projetos após a etapa de Entrevista, que junto à pontuação obtida nos demais critérios, foi decisiva para a seleção final dos projetos. Conforme analisado anteriormente, esse critério permite uma avaliação geral dos avaliadores do conjunto das características apresentadas por cada candidato, após a etapa de entrevista, justamente onde se verificou uma ênfase maior na avaliação das *softskills* da equipe candidata, assim como uma maior influência da subjetividade dos avaliadores.

4.3.3 Avaliação pela ICT do modelo proposto

Nesta etapa da pesquisa, voltada para a validação preliminar do modelo proposto pela ICT por meio da opinião dos especialistas, foram entrevistados dois avaliadores-chave do processo de seleção na ICT e após a demonstração em todos os seus passos da aplicação do modelo proposto no objeto de estudo, explicando-se os métodos e técnicas empregados, incluindo uma interface gráfica (Fig. 16, pág 134) para registro das avaliações anteriores e a modelagem computacional no software SuperDecisions, com os dados levantados de chamadas realizadas na categoria C do edital, foram coletadas as percepções desses *stakeholders* quanto aos aspectos de adequação ao uso em diferentes chamadas, como: facilidade de uso, percepção de melhorias em relação ao processo atual, e por fim, uma avaliação da possibilidade de incorporação desta proposta nas próximas chamadas do EII.

O roteiro dessas entrevistas, que foram realizadas em 2020, está disponível no Apêndice V, e assim foi obtida a seguinte avaliação do modelo proposto:

- a) Contar com uma base histórica que consolida as experiências anteriores possibilitando aprendizado contínuo nos processos de avaliação, foi considerado um dos principais pontos de melhoria do modelo proposto em relação ao processo atual. Hoje esse conhecimento não está estruturado nem vem sendo utilizado durante as avaliações. Esse conhecimento tem impacto positivo na melhor avaliação dos candidatos e conseqüentemente no resultado final. A ICT inclusive já estava pensando em coletar o status de projeto bem-sucedido Sim ou Não dos projetos selecionados nas chamadas anteriores, o que vem a convergir com a criação da base histórica no modelo proposto;
- b) Houve a percepção que o modelo proposto contribui significativamente na redução da subjetividade da avaliação, ou seja, decisões baseadas no ‘feeling’ dos avaliadores, onde hoje são colocadas notas mais altas para as empresas que se ‘gostou mais’, o que no modelo atual fica atenuado pela atribuição do peso de cada critério pelo algoritmo. Por exemplo, pela experiência da ICT, a qualidade e a consistência de documentos apresentados pelos candidatos, como Plano de Trabalho, Resumo Executivo e Planejamento financeiro, deveria ter sempre um peso maior que a apresentação do *Pitch* pelos candidatos, e esse conhecimento é contemplado no modelo proposto;

- c) Considerando-se que a complexidade e as naturezas de projetos diferentes vão exigir diferentes habilidades técnicas e não técnicas (*softskills*), a composição ideal esperada das equipes das *startups* vai variar para cada chamada do edital, é interessante incluir esse critério, o que no modelo proposto a criação dos critérios é fácil e totalmente parametrizável, conforme demonstrado no passo a passo da modelagem ANP;
- d) Por outro lado, o enxugamento feito nos critérios atuais pelo modelo proposto ficou bem adequado, pode-se futuramente reduzir ainda mais os critérios de seleção. Observa-se que esses critérios devem ser parametrizados da mesma forma também na Plataforma do EII, permitindo-se compatibilizar as informações geradas pelo novo modelo com uma atualização na plataforma do EII;
- e) A flexibilidade do modelo proposto, no tocante à possibilidade de criação de critérios específicos para as diferentes chamadas de edital, foi considerado também um ponto positivo relevante para viabilizar a adoção da proposta, avaliando-se a importância dos novos critérios sugeridos ‘Alinhamento Estratégico’ para o demandante e para a ICT, permitindo que cada um desses stakeholders possa pontuar a sua percepção geral sobre os candidatos em relação ao seu conjunto de valores e crenças;
- f) O resultado gerado pelo modelo proposto, apresentado no Quadro 6, foi considerado muito coerente, faz muito sentido, por exemplo a 1ª colocada no resultado do modelo “Uso da IoT em Pavimento Concreto Monolítico” foi um projeto que depois foi desenvolvido e conseguiu ser bem-sucedido. Assim como o projeto GCAPP também foi desenvolvido depois e atendeu bem a necessidade do cliente, inclusive conseguiu vender depois a solução para a prefeitura, sendo considerado projeto bem-sucedido. Essa análise do resultado dos projetos selecionados pelo modelo, que foram posteriormente bem-sucedidos, implica em validação da consistência do modelo proposto;
- g) Os avaliadores entrevistados responderam que aceitariam trocar ou incorporar este modelo computacional proposto nos próximos editais, avaliando positivamente o processo e o resultado da proposta, principalmente com o alcance do objetivo de melhoria de performance do processo decisório de seleção e priorização de projetos que contribui para a otimização do portfólio de inovação.

5. CONCLUSÃO

5.1 SÍNTESE DO PROBLEMA

No contexto empresarial, a quantidade de ideias é superior à disponibilidade de recursos para desenvolvê-las, necessitando de um processo decisório estruturado para selecionar aqueles projetos com maior chance de sucesso para receberem investimentos. Entretanto, conforme explicitado no Artigo 1 desta tese, observa-se que esse processo acontece de maneira diversificada nas empresas, algumas adotam diferentes técnicas, com diferentes resultados para o PPM, em um ambiente complexo e multidimensional, onde não se observa a incorporação da experiência da empresa e sim o julgamento subjetivo dos avaliadores.

Neste contexto, destacou-se a pergunta de pesquisa sobre como aperfeiçoar o processo decisório de selecionar e priorizar projetos em portfólio de inovação de ICT e empresas com processo similar. O Edital de Inovação do SENAI foi então escolhido para estudo desse tema e desenvolvimento da solução proposta, que teve como objetivo geral a criação de um modelo para aperfeiçoar a seleção e priorização de projetos na gestão de portfólio de inovação, utilizando um método de apoio a decisão e um algoritmo de aprendizado de máquina supervisionado com regressão logística.

5.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS

Para alcance desse objetivo, foram investigados os métodos multicritérios de apoio à decisão aplicáveis à seleção e priorização de projetos de inovação no Artigo 1 e apresentados os métodos mais prevalentes, o AHP e o ANP, com destaque para as vantagens da modelagem ANP. No 2º artigo, os objetivos específicos foram realizados, iniciando-se com o exame detalhado do processo atual de seleção de projetos para composição do portfólio dos projetos de inovação apoiados pela ICT selecionada (SENAI), conseguindo-se identificar diversas oportunidades de melhoria no processo atual, discutidos no artigo 2, assim como também a possibilidade de aprimoramento constante desse processo pelas empresas, que poderia se beneficiar com a definição de um modelo, com métodos, ferramentas e técnicas, para apoiar o processo decisório de priorização e seleção de projetos ao longo dos estágios (*stage-gates*), para que o portfólio possa gerar os melhores resultados (benefícios) estratégicos para as

organizações. Os objetivos específicos foram realizados conforme apresentado e possibilitou a escolha do método ANP e dos demais métodos empregados na solução proposta.

O objetivo geral da pesquisa foi alcançado com o desenvolvimento de um modelo gerencial para seleção e priorização de projetos de inovação utilizando o método multicritério de apoio à decisão selecionado (ANP) e também um algoritmo de aprendizado de máquina supervisionado com regressão logística, e após, foi realizada uma validação preliminar do modelo proposto para o processo de seleção e priorização de projetos de inovação junto à especialistas da ICT selecionada (SENAI), a partir da modelagem computacional e simulação utilizando os dados do Edital de Inovação para a Indústria no software SuperDecisions e no algoritmo desenvolvido para utilização dos dados históricos da ICT.

Esse modelo foi utilizado para simular uma das chamadas do Edital de Inovação, o que permitiu uma validação preliminar pelos avaliadores-chave, que considerou a proposta de forma positiva, com melhorias apresentadas em diversos pontos do processo atual, especialmente na redução da subjetividade do julgamento dos avaliadores, flexibilidade na adoção dos critérios, formação da base histórica da ICT e escalabilidade da proposta. O resultado dos projetos selecionados pelo modelo, que foram posteriormente bem-sucedidos, também implicou em validação da consistência do modelo proposto.

5.3 LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Pode-se destacar algumas limitações deste estudo, que se configuram como importantes oportunidades para pesquisas futuras.

- a) Apesar de terem sido identificadas diversas melhorias necessárias no processo de seleção e priorização de projetos da ICT estudada, como por exemplo, a necessidade de uma ferramenta para avaliação de *softskills* em equipes de startups para compor o conjunto de variáveis da avaliação dos projetos candidatos, esta não foi contemplada no momento, este estudo se concentrou na incorporação de um método de análise multicritério e de um algoritmo para otimização do processo decisório, ficando esse aspecto das *softskills* contemplada como um critério parametrizável no modelo proposto, assim futuros estudos podem agregar ao modelo, métodos e ferramentas de avaliação de *softskills* de startups;

- b) Um aspecto a desenvolver refere-se à integração da solução aqui proposta com a infraestrutura da ICT, a fim de que seja implantada como um serviço de uso contínuo em um dos servidores existentes, além de ser desenvolvida a interoperabilidade entre esta solução e os sistemas existentes e utilizados no mesmo processo dentro da ICT;
- c) Outra limitação é que esta pesquisa tomou como base o Edital de Inovação na categoria C, que envolve grandes empresas e *startups*, mas novos estudos podem ser realizados para validar o modelo proposto em outras modalidades de editais de fomento à inovação.

A apresentação dessas oportunidades de estudos futuros acima busca contribuir para a continuidade das pesquisas, indispensáveis nesta temática tão relevante para as empresas na busca do aumento da sua competitividade no mercado, por meio da otimização dos seus recursos e do alcance dos melhores resultados possíveis, com os projetos bem-sucedidos.

Além dessas sugestões acima, recomenda-se também outras oportunidades de futuras pesquisas em portfólio de projetos em outros contextos, como em empresas de investimentos, capital de risco (*joint ventures* ou *ventures capital*), ampliando o estudo para outros cenários e modelos de negócios, além de ICTs, onde há o processo de tomada de decisões de investimentos em novos projetos e em *startups*.

REFERÊNCIAS

- ABOLBASHARI, M. H.; CHANG, E.; HUSSAIN, O. K., **Smart Buyer: a Bayesian network modelling approach for measuring and improving procurement performance in organizations**, Knowl. Based Syst. 142 (2018) 127–148.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2011. 11 p.
- ARRATIA M. N. M et al. **Static R&D project portfolio selection in public organizations**. Decision Support Systems N.84, p. 53–63, 2016.
- ALSHENQEETI, H., **Interviewing as a Data Collection Method: A Critical Review**. English Linguistics Research, Sciedu Press. Vol. 3. No 1: 39–45. 2014
- BANIN, S. L. **Python 3: conceitos e aplicações: uma abordagem didática**. 264 p. São Paulo. Ed. Erica. 2018.
- BRASIL. **Lei Federal nº 10.973** de 2 de dezembro de 2004. **Incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo**. Art 2º, parágrafo V, disponível em <http://www.normas-legais.com.br/legislacao/lei10973.htm> Acessado em: 27/05/2017.
- BOBRIAKOV, I. **Top 20 Python libraries for data science in 2018**. Postado em Jun,2018. Disponível em <https://www.datasciencecentral.com/profiles/blogs/top-20-python-libraries-for-data-science-in-2018> Acessado em: 25. Jan. 2020.
- CHENG, Eddie W. L.. LI, Heng. **Analytic Network Process Applied to Project Selection** Journal of construction engineering and management © ASCE. April, 2005 p. 459, disponível em [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131:4\(459\)](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:4(459)) Acessado em 08 de janeiro de 2018.
- CHOY, K. L.; LEE, W. B.; LAU, H.C., **A knowledge-based supplier intelligence retrieval system for outsource manufacturing**, Knowl. Based Syst. 18 (1) 1–17. 2005.
- COMPUTERWORLD. **Python-10-motivos-para-aprender-a-linguagem-em-2019**. Revista eletrônica. Disponível em <https://computerworld.com.br/carreira/> Acessado em 20/10/2019.
- BORGES, L. E. **Python para Desenvolvedores: Aborda Python 3.3**. Editora Novatec, 2014.
- CAÑAS, A. J., Hill, G., Carff, R., Suri, N., Lott, J., Eskridge, T., et al. **CmapTools: A knowledge modeling and sharing environment**. In A. J. Cañas, J. D. Novak & F. M. González (Eds.), Concept maps: Theory, methodology, technology. (Vol. I, pp. 125-133). Pamplona, Spain: Universidad Pública de Navarra. (2004).
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Edital de Inovação para a Indústria**. Disponível em <https://www.portaldaindustria.com.br/canais/plataforma-inovacao-para-a-industria/edicoes-anteriores>. 2017. Acessado em 15/09/2017.

_____. Dados históricos do Edital de Inovação - Plataforma de Inovação. Disponível em <https://www.portaldaindustria.com.br/canais/plataforma-inovacao-para-a-industria/edicoes-anteriores/>. Acessado em 30/12/2020.

COOPER, R.; EDGETT, S.; KLEINSCHMIDT, E.J. **Portfolio Management for New Products**. 2nd Ed. Perseus Publishing, MA. 1998.

_____. **New Product Management: Practices and Performance**. Journal of Product Innovation Management, v. 16, n. 4, p. 333 - 351, 1999.

DOMINGOS, P. **O algoritmo mestre**, Editora Novatec. 2017.

FÁVERO, L. P. Belfiore, P. Silva, F. L. Chan, B. L. **Análise de Dados – Modelagem multivariada para tomada de decisões**. Cap. 12. Ed. Campus. 2009.

FORRESTER, J. W. **Principles of Systems**. Cambridge, Ma: Wright- Allen Press. 1968.

_____. **Dynamic models of economic systems and industrial organizations**. System Dynamics Review. Volume 19. Number 4. Winter. 2003.

GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Ed. Atlas, 2002

GIL, Antônio C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6^a Ed. São Paulo, Ed. Atlas, 2008.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. Trad. Daniel Grassi – 2. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2001.

LUBISCO, Nídia M. Lienert. Vieira; Sônia Chagas. **Manual de estilo acadêmico: trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses**. 5. ed. – Salvador: EDUFBA, 2013. 145 p.

NADELLA, S. **Microsoft + GitHub = Empowering Developers**. Publicado em junho, 2018. The Official Microsoft Blog. Disponível em <https://blogs.microsoft.com/blog/2018/06/04/microsoft-github-empowering-developers/> Acessado em 27/01/2020.

OGBORN, J. **Modeling Clay for Thinking and Learning**. In Feurzeig, Wallace; Roberts, Nancy (Eds.) Modeling and Simulation in Science and Mathematics Education. Springer-Verlag, New York, p. 5-37, 1999.

OTTE JUNIOR, L. C. **Tomada de decisões em sistemas financeiros utilizando algoritmos de aprendizado de máquina supervisionado**. Dissertação de mestrado. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação. Universidade de São Paulo. São Carlos – SP, 2018.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos: Guia PMBOK 6**. Ed. Newton Square, PA. Pennsylvania, 2017.

_____. **The Standard for Portfolio Management**. Thrid Edition. Newton Square, PA. Pennsylvania. 2013.

REZENDE, S. O. **Sistemas Inteligentes: fundamentos e aplicações**. Ed. Manole, SP. 2005.

SAATY, T. L. **The Analytic Network Process. Decision Making with Dependence e Feedback**, 2nd ed., Pittsburgh: RWS Publications. 2001

SAATY, T. L. **Fundamentals of the Analytic Network Process – Multiple Networks with Benefits, Costs, Opportunities and Risks**. Journal of Systems Science and Systems Engineering, vol. 13, no. 3, pp348-379, september, 2004.

SAATY, T. L., **Theory and Applications of the Analytic Network Process**. RWS Publications. Pittsburgh, 2005.

STERMAN, J. D. **Interactive web-based simulations for strategy and sustainability**: The MIT Sloan Learning Edge manag. flight simulators, Part I. System Dynamics Review. 2014.

STURGEON, Timothy; Gereffi, Gary. Guinn, Andrew; Zylberberg, Ezequiel. **A indústria brasileira e as cadeias globais de valor**: uma análise com base nas indústrias aeronáutica, de dispositivos médicos e de eletrônicos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014, 264 p.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE

Esta seção visa apresentar, de forma estruturada, uma conclusão geral da tese desenvolvida, evidenciando a satisfação das necessidades identificadas no problema de pesquisa através do alcance dos objetivos propostos, bem como evidenciar as implicações teóricas e práticas das evidências exploratórias e empíricas encontradas neste estudo.

Considerando o problema geral da pesquisa - como aprimorar o processo decisório da escolha sobre em quais projetos investir para se obter os melhores resultados estratégicos – este estudo focou especificamente em “Como aperfeiçoar o processo decisório de seleção de projetos em PPM de ICTs e empresas com grande número de projetos de inovação e com alto investimento?” Esta pesquisa assim teve como objetivo desenvolver uma solução por meio de um modelo gerencial computacional para se aperfeiçoar esse processo decisório sobre em quais projetos investir os recursos disponíveis resolvendo as seguintes necessidades: a) redução da subjetividade dos decisores na avaliação e no julgamento dos projetos de inovação; e b) otimização do resultado estratégico (balanceamento das variáveis de decisão) a ser alcançado pelo portfólio com projetos de inovação selecionados.

Para atingir esse objetivo, a tese aqui apresentada sustenta que é possível aprimorar o processo decisório de seleção e priorização de projetos através da modelagem computacional, por meio da adoção de um método multicritério de apoio à decisão, o ANP, e de um algoritmo *machine learning* com regressão logística, que possibilita incorporar a experiência empresarial em seleções anteriores, reduzindo a subjetividade no julgamento dos projetos e otimizar o resultado estratégico, dentre outras contribuições da pesquisa.

As contribuições teóricas estão contempladas na investigação realizada por meio da revisão sistemática sobre os métodos multicritérios de apoio a decisão, apresentados no Artigo 1, que apresenta um panorama dos métodos utilizados nos últimos dez anos, acrescido das características e funcionamentos dos principais métodos aplicados à gestão de portfólios de projetos como um referencial teórico atual e importante para compreensão e disseminação do conhecimento sobre esse tema, e que busca também auxiliar nas decisões de incorporação dos principais métodos multicritério no processo da gestão de portfólios. Espera-se que esta tese contribua para a discussão sobre modelos e métodos para seleção e priorização de projetos em portfólios de inovação. As implicações práticas desta pesquisa estão contempladas no modelo computacional apresentado detalhadamente no Artigo 2, que teve como base o método ANP e um algoritmo *machine learning* com regressão logística, que combinados na solução proposta, é uma solução inovadora na gestão de portfólio de inovação.

APÊNDICE I – AVAL DA ICT PARA REALIZAÇÃO DESTA PESQUISA

De: Lorena Tameirao de Moura Correa [mailto:lorena.tameirao@cni.org.br]

Enviada em: quarta-feira, 13 de dezembro de 2017 16:36

Para: ROSANA Vieira Albuquerque

Cc: FLAVIO de Souza Marinho; Fabio.pires@cni.org.br; Marcelo Prim; DANIEL Motta

Assunto: Re: Solicitação de apoio para realização de pesquisa acadêmica.

Oi Rosana,

Como conversamos conte com nosso apoio para realização da pesquisa e validação do modelo.

Aguardo o envio do cronograma das atividades e da carta para enviarmos aos avaliadores a serem entrevistados.

Um abraço,

Lorena Tameirão

Unidade de Inovação e Tecnologia - UNITEC

SENAI - Departamento Nacional

Gerência de Inovação Tecnológica

Tel.: (61) 3317 8954

Em 12 de dezembro de 2017 16:08, ROSANA Vieira Albuquerque

<rosana.albuquerque@fiab.org.br> escreveu:

Prezados(a), boa tarde!

Hoje tive reunião com Lorena e apresentei detalhes da pesquisa, como objetivo, método multicritério de apoio a decisão a ser empregado, fases e resultados esperados.

O modelo gerencial a ser proposto para a seleção e priorização de projetos de inovação tem alta aderência com o processo decisório que ocorre nas fases do Edital de Inovação e busca aperfeiçoar este processo decisório, através da análise multicritério estruturada em rede, possibilitando uma melhor avaliação dos projetos nos diferentes critérios e a otimização do conjunto dos projetos escolhidos, dentre outros benefícios.

Foi solicitado apoio para realização das etapas metodológicas a serem desenvolvidas em 2018 e 2019, e que envolverá desde o estudo do processo atual até a validação preliminar do modelo proposto, sobre o Edital de Inovação para a Indústria, especificamente as categorias A, B e C.

Desde já agradeço a atenção de todos.

Cordialmente,

Rosana Vieira Albuquerque

Gestão / Instituto SENAI de Inovação

em Logística 55 (71) 3462-9526 |

rosana.albuquerque@fiab.org.br



APÊNDICE II - CARTA DE APRESENTAÇÃO DA PESQUISA



CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM COMPUTACIONAL E TECNOLOGIA INDUSTRIAL

Apresentação da Pesquisa de Doutorado MCTI

Apresentamos-lhes a pesquisa de doutorado em modelagem computacional e tecnologia industrial intitulada **MODELO PARA SELEÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS DE INOVAÇÃO UTILIZANDO O MÉTODO MULTICRITÉRIO ANALYTIC NETWORK PROCESS (ANP)**, que tem foco na gestão de portfólio de projetos de inovação e busca propor um modelo gerencial para aperfeiçoar o processo decisório sobre quais projetos investir os recursos disponíveis, buscando a otimização dos resultados do portfólio.

Trata-se de um problema atual e dinâmico, que reflete no comportamento gerencial e no resultado estratégico a ser alcançado pelo portfólio de projetos, sendo crítico em instituições com grande número e variedade de projetos de inovação com emprego de alta tecnologia, como o SENAI.

A modelagem computacional será utilizada para entendimento desse sistema real, e para criação do modelo proposto, onde a aplicação dos métodos para o processo de seleção e priorização de projetos considerará a avaliação dos critérios em um ambiente complexo de tomada de decisões, como nesta ICT, onde as variáveis ligadas a Risco, Oportunidade, Alinhamento Estratégico, entre outras, se influenciam e são mais bem representadas por uma estrutura de análise em rede.

Para realização desta pesquisa científica, vimos solicitar o apoio de V. Sa para desenvolver o estudo tendo como objeto o Edital SENAI de Inovação para a Indústria, para o qual será necessária vossa colaboração na fase de estudo, para o levantamento de dados do processo atual, e posteriormente, para avaliação preliminar do modelo proposto, em etapas a serem desenvolvidas em 2018 e 2019.

Colocamo-nos à disposição para maiores detalhamentos e desde já agradecemos a atenção e apoio.

Salvador –Bahia, 12 de janeiro de 2018.

Rosana Vieira Albuquerque - Doutoranda MCTI

Prof. Dr. Valter de Senna - Professor-orientador

Prof. Dr. Paulo Figueiredo - Co-orientador

APÊNDICE III – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)



CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM COMPUTACIONAL
E TECNOLOGIA INDUSTRIAL

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, **Rosana Vieira Albuquerque** (doutoranda e pesquisadora-responsável), o **Prof. Dr. Valter de Senna** (orientador) e o **Prof. Dr. Paulo Figueiredo** (co-orientador) convidamos V. Sa a **participar como entrevistado da pesquisa de doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial**, que tem como objetivo específico **analisar o processo decisório para seleção e priorização de projetos do Edital de Inovação para a indústria**. Essa pesquisa pretende contribuir com o aperfeiçoamento do processo decisório com a utilização de um método multicritério de apoio à decisão, visando a otimização do resultado a ser alcançado pelo conjunto dos projetos selecionados.

Os pesquisadores asseguram o seu anonimato, buscando respeitar a sua integridade intelectual, social e cultural, buscando-se evitar qualquer dano à expressão livre de suas opiniões, atendendo assim ao estabelecido pela Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, que prevê participação voluntária e consentida, esclarecemos também que os pesquisadores e os entrevistados não são remunerados pela participação neste estudo.

No momento que houver necessidade de esclarecimento de qualquer dúvida sobre a sua participação nesta pesquisa, V.Sa poderá entrar em contato com a pesquisadora-responsável pelo telefone (71) 3462-9526, ou pelo e-mail: rosanav.ba@gmail.com. **O teor da entrevista e/ou do questionário somente será utilizado para fins científicos.**

Sendo assim esclarecido e caso concorde em voluntariamente participar deste estudo, por gentileza, assine abaixo este termo de consentimento.

Eu, _____, RG nº _____
 declaro ter sido informado e concordo em participar, como voluntário, da pesquisa acima descrita.

_____, _____ de _____ de 2018.

 Participante

 Pesquisadora

APÊNDICE IV – ROTEIRO DE ENTREVISTA SOBRE PROCESSO ATUAL DO EDITAL DE INOVAÇÃO

1 IDENTIFICAÇÃO DA ENTREVISTA

- 1.1 Data:
- 1.2 Local da Entrevista:
- 1.3 Hora Inicial: Hora Final:

2 IDENTIFICAÇÃO DO ENTREVISTADO

- 2.1 Nome:
- 2.2 Profissão / Ocupação:
- 2.3 Titulação acadêmica mais elevada:
- 2.4 Tempo no cargo / função na empresa:
- 2.5 Tempo de experiência na seleção de projetos de Inovação:
- 2.6 Papel na Gestão de Portfolio/Projetos:

Perguntas:

Sobre o processo de seleção e priorização de projetos

1. Como se dá o processo de seleção de projetos no edital de inovação? E quem são os participantes em cada etapa? Quais métodos e/ou ferramentas são utilizadas?
2. Quais os estágios e quais critérios adotados para seleção de projetos em cada estágio?
3. Como se dá a avaliação do alinhamento estratégico dos projetos candidatos?
4. Como se dá a avaliação da viabilidade financeira dos projetos candidatos?
5. Como se dá a avaliação da viabilidade técnica e jurídica dos projetos candidatos?
6. Há critérios interdependentes? Há critérios mais importantes que outros? Quais?
7. Se sim, poderia indicar a importância de cada critério conforme parâmetro abaixo?

· Escala de avaliação do nível de importância do item proposto

Avaliação	Nível de importância
1	Insignificante
3	Pouco relevante
5	Relevante
7	Significante
9	Fundamental / Crítico

8. Há outros critérios, específicos de cada chamada, além dos estabelecidos no edital?
9. Você acha que, em última análise, fatores subjetivos ou de avaliação pessoal ou intuitiva são determinantes da escolha dos projetos aprovados pelos avaliadores? Qual é, na sua visão, a importância dos fatores subjetivos/pessoais? Explique.
10. Descreva o processo pelo qual se chega a um consenso sobre os projetos aprovados no processo seletivo, entre o grupo de avaliadores. São usados apenas

critérios estruturados, ou há discussões, num processo mais subjetivo visando chegar a uma decisão? Explique.

11. Há alguém com autoridade para dar a palavra final sobre a aprovação de um ou mais projetos? Quem?
12. O processo de seleção é revisado periodicamente? Se sim, quando?
13. Qual é a média de entrada de projetos na seleção e taxa média de projetos concluídos na mesma chamada (edital)?
14. Há a preocupação de melhor distribuição de projetos por tema em cada chamada? Há quantidade mínima esperada de projetos por tema do edital?
15. Quantos projetos são selecionados anualmente (em média)?
16. Quais as principais dificuldades do atual processo de seleção de projetos?
17. As seleções anteriores foram consideradas bem-sucedidas? Quais os principais pontos de melhoria apontados com a experiência de seleções anteriores?
18. Há alguma ferramenta para visão integrada da gestão do funil de projetos?

Para a gestão do edital sobre os avaliadores dos projetos

19. Como são selecionados os avaliadores?
20. Qual perfil e quais competências são exigidas?
21. Há treinamento para os avaliadores nas ferramentas de avaliação?
22. Há verificação de confiabilidade da avaliação de cada projeto pelos avaliadores?
23. Existem indicadores para avaliação do desempenho dos avaliadores? Quais?
24. Há oportunidade de troca de informações e/ou consenso sobre os projetos pelos avaliadores?
25. Há avaliadores estratégicos? Como eles atuam no processo de seleção?
26. Quais as principais necessidades de melhoria em relação à atuação dos avaliadores?

APÊNDICE V – ROTEIRO DE ENTREVISTA DE AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Avaliador Entrevistado:

Data e hora:

Local: Aceleradora Cimatec

Perguntas:

1. Quais críticas vocês fazem ao processo vigente no Cimatec para priorização e seleção de projetos de inovação? Cite exemplos.
2. O que acharam dos novos critérios (variáveis) de seleção, no novo modelo?
3. O que acharam do novo processo de input de dados, no novo modelo?
4. O que acharam da nova lista resultante de projetos a priorizar, com o uso do novo modelo?
5. Como essa lista se compara com a lista obtida no processo atual?
6. O que vocês mudariam nos novos resultados, caso não tenham concordado com algum resultado?
7. Quais benefícios (e possíveis prejuízos) você acha que o novo modelo e processo de seleção e priorização traria para o Cimatec? Dê exemplos.
8. Você aceitaria trocar o antigo modelo de priorização e seleção pelo novo modelo proposto, nos próximos editais? Por que?

APÊNDICE VI – ALGORITMO DE APRENDIZADO DE MÁQUINA COMENTADO

```

generating-weights [WSL: Ubuntu-18.04] - mainProcess.py
1 # Native imports
2 from typing import List
3 from json import load
4
5 # Custom imports
6 from workers import Inputter
7 from workers import Treater
8 from workers import Learner
9 from workers import Plotter
10
11 from pandas import DataFrame
12
13 # Chama as funções necessárias para
14 # executar o algoritmo
15
16
17 def runProcess(data: dict) -> tuple:
18     # Extrai as features dos dados passados via requisição
19     # POST. As features são as notas dos critérios, é com
20     # base nelas que os pesos são calculados
21     features = Treater.getFeatures(data)
22
23     # A target é a variável de destino, os pesos serão utilizados
24     # para tentar prever a variável target
25     target = 'success'
26
27     # Aqui os dados são convertidos para a estrutura de dados utilizada
28     # pela biblioteca Pandas e Scikit-Learn
29     dataframe = Treater.createDataFrame(data)
30
31     # Aqui é feita a chamada à função de regressão logística e obtém tan
32     to
33     # o modelo gerado quanto o resultado bruto da predição.
34     model, classification = Learner.getModelAndClassification(
35         dataframe, features, target)
36
37     # Aqui é criado o objeto final que será retornado ao usuário.
38     # São passados os coeficientes (pesos) obtidos na função anterior,
39     # o limite inferior e superior e as features
40     finalMap = Treater.createFinalMap(model.coef_[0], 1, 9, features)
41
42     # Aqui são plotados os gráficos
43     Plotter.plotMap(finalMap)
44
45     return finalMap, classification

```

```

generating-weights [WSL: Ubuntu-18.04] - server.py
1 # Native imports
2 from copy import deepcopy
3 from json import load
4
5 # Custom imports
6 from flask import request
7 from flask import jsonify
8 from flask_restful import Resource
9
10 from mainProcess import runProcess
11
12 from workers import Saver
13
14
15 class MLMap(Resource):
16     # Função que é chamada quando uma requisição
17     # POST é feita. Os dados são salvos no banco
18     # de dados para posterior análise.
19     def post(self):
20         data = request.get_json(force=True)
21
22         toSend = deepcopy(data)
23
24         dbStatus: bool = Saver.sendCallToDatabase(toSend)
25
26         return jsonify({'data': data, 'saved': dbStatus})
27
28     # Função que é chamada quando uma requisição
29     # GET é feita. Aqui é puxado o histórico do
30     # banco de dados para executar o processo de
31     # geração de pesos
32     def get(self):
33         data = Saver.getFromDB('calls')
34
35         if len(data) == 0 or data == None:
36             return jsonify({'message': 'There is no call stored yet, M
37 L process cannot run'})
38
39         finalMap, classification = runProcess(data)
40
41         response: dict = {'result': finalMap,
42                          'classification': classification}
43
44         document = deepcopy(response)
45
46         dbStatus: bool = Saver.sendProcessedWeightsToDatabase(document)
47
48         response['saved'] = dbStatus
49
50         return jsonify(response)

```

```

generating-weights [WSL: Ubuntu-18.04] - Saver.py
1 # Native imports
2 from typing import List
3 from json import load
4 from pathlib import Path
5 from os import getenv
6
7 # Custom imports
8 from pymongo import MongoClient
9 from dotenv import load_dotenv
10
11 __ENV_PATH = Path(__file__).parents[1] / '.env'
12
13 load_dotenv(dotenv_path=__ENV_PATH)
14
15 __MONGOADDRESS = getenv('MONGO_ADDRESS')
16 __CLIENT = MongoClient(__MONGOADDRESS)
17 __DB = __CLIENT['cimaterc']
18 __COLLECTION = __DB['calls']
19
20 # Classe de integração ao banco de dados
21 # atualmente implementado em MongoDB
22
23
24 def sendCallToDatabase(document: dict) -> bool:
25     result = __DB['calls'].insert_one(document)
26
27     return result.inserted_id != None
28
29
30 def sendProcessedWeightsToDatabase(document: dict) -> bool:
31     result = __DB['processedWeights'].insert_one(document)
32
33     return result.inserted_id != None
34
35
36 def getFromDB(collection: str) -> list:
37     result = __DB[collection].find({})
38
39     response: list = []
40
41     for call in result:
42         response.append(call)
43
44     return list(response)
45

```

```

generating-weights [WSL: Ubuntu-18.04] - Learner.py
1 # Custom imports
2 from pandas import DataFrame
3
4 from sklearn.linear_model import LogisticRegression
5 from sklearn.model_selection import train_test_split
6 from sklearn.metrics import classification_report
7
8 # Aqui são gerados os datasets de treino
9 # para realizar o fit no modelo de machine
10 # learning.
11
12
13 def __getTrainedDatasets(dataframe: DataFrame, features: list, target: l
14 ist) -> tuple:
15     X = dataframe[features]
16     y = dataframe[target]
17
18     X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(
19         X, y, test_size=0.3, random_state=101)
20
21     return X_train, X_test, y_train, y_test
22
23 # Aqui é criado o modelo de regressão logística
24 # e ajustado de acordo com os dados de teste e
25 # treinamento. A predição gerada nesse passo
26 # é utilizada para gerar as informações de
27 # Fitting, etc.
28
29
30 def getModelAndClassification(dataframe: DataFrame, features: list, targ
31 et: list) -> tuple:
32     model: LogisticRegression = LogisticRegression()
33
34     X_train, X_test, y_train, y_test = __getTrainedDatasets(
35         dataframe, features, target)
36
37     model.fit(X_train, y_train)
38
39     predictions = model.predict(X_test)
40
41     classification = classification_report(
42         y_test, predictions, zero_division=0, output_dict=True)
43
44     return model, classification

```

APÊNDICE VI – ALGORITMO DE APRENDIZADO DE MÁQUINA COMENTADO (continuação)

```

# Aqui os coeficientes são relacionados
# por distância, para se encontrarem
# no range de -9 a 9.

def __generateCoefficientMap(coefficients: list) → List[list]:
    coefficientMap: List[list] = []

    for x in range(len(coefficients) - 1):
        normalizedCoefficients: list = []

        for y in range(x + 1, len(coefficients)):
            distance = coefficients[x] - coefficients[y]

            if distance < 0:
                distance -= 1

            else:
                distance += 1

            normalizedCoefficients.append(distance)

        coefficientMap.append(normalizedCoefficients)

    return coefficientMap

```

```

31 # Aqui os coeficientes são tratados para se adequar a
32 # o range especificado
33 # A regressão logarítmica pode retornar ranges diverso
34 # s, e portanto, é
35 # necessário colocá-los no especificado.
36
37 def __treatCoefficients(coefficients: list, lowerLimit:
38     int, higherLimit: int) → list:
39     sortedCoefficients = sorted(coefficients)
40
41     oldRange = sortedCoefficients[0] - \
42         sortedCoefficients[len(sortedCoefficients) - 1]
43
44     newRange = higherLimit - lowerLimit
45
46     treatedCoefficients: list = []
47
48     for x in range(len(coefficients)):
49         distance = abs(coefficients[x] - sortedCoeffi
50             cients[0])
51
52         value = (distance * newRange / oldRange) - 1
53
54         treatedCoefficients.append(int(round(value)))
55
56     return treatedCoefficients

```

```

generating-weights [WSL: Ubuntu-18.04] - Plotter.py
1 # Native imports
2 from typing import Dict
3 from pathlib import Path
4
5 # Custom imports
6 import matplotlib.pyplot as plt
7
8 _LOCAL = Path(__file__).parents[1].joinpath('output').joinpath('graphs')
9
10 # Plota os gráficos de comparação
11 # e os salva localmente
12
13
14 def plotMap(finalMap: Dict[str, dict]):
15     for key in finalMap.keys():
16         plt.title(f'Outros comparados a {key}')
17         plt.ylabel('Peso')
18         plt.xlabel('Critérios')
19
20         ticks: list = []
21
22         for key_ in finalMap[key]:
23             plt.plot(finalMap[key][key_], 'o')
24             ticks.append(key_)
25
26         # Graph style
27         plt.grid(color='gray', linestyle='-', linewidth=1)
28         plt.yticks(range(-9, 10))
29         plt.xticks(range(len(finalMap[key])), ticks)
30
31         plt.savefig(_LOCAL.joinpath(f'{key}.png'))
32         plt.close()
33

```

APÊNDICE VII – MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR DOS CRITÉRIOS

MATRIZ DE COMPARAÇÃO DOS CRITÉRIOS (Comparativo par a par)	CLIENTE	PROPOSTA DE VALOR	DIFERENCIAIS COMPETITIVOS DE MERCADO	ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO	VIABILIDADE DO NEGÓCIO	ESCOPO DA SOLUÇÃO	DESAFIO TECNOLÓGICO OU METODOLÓGICO	COMPETÊNCIAS DO EMPREENDEDOR E/OU EQUIPE	DISPONIBILIDADE DO EMPREENDEDOR	DOMÍNIO TECNOLÓGICO DA EQUIPE / EMPREENDEDOR	DOMÍNIO DE BUSINESS DA EQUIPE / EMPREENDEDOR	CONHECIMENTO SOBRE O SETOR	NEGOCIAÇÃO DE FORMATO DE RELACIONAMENTO	ALINHAMENTO ESTRATÉGICO COM DEMANDANTE	ALINHAMENTO ESTRATÉGICO COM CIMATEC	RISCO TÉCNICO
CLIENTE	1	3	4	8	8	4	5	4	4	5	6	4	3	3	8	3
PROPOSTA DE VALOR	1/3	1	5	8	5	7	7	8	7	7	8	8	7	8	9	5
DIFERENCIAIS COMPETITIVOS DE MERCADO	1/4	1/5	1	8	4	8	3	5	3	4	3	2	3	4	6	4
ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO	1/8	1/8	1/8	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1
VIABILIDADE DO NEGÓCIO	1/8	1/5	1/4	1	1	4	5	4	6	8	7	8	6	5	9	6
ESCOPO DA SOLUÇÃO	1/4	1/7	1/8	1/2	1/4	1	4	7	7	7	7	8	7	3	7	6
DESAFIO TECNOLÓGICO OU METODOLÓGICO	1/5	1/7	1/3	1/2	1/5	1/4	1	8	7	7	7	8	7	6	8	6
COMPETÊNCIAS DO EMPREENDEDOR E/OU EQUIPE	1/4	1/8	1/5	1	1/4	1/7	1/8	1	5	1	1	8	6	3	7	4
DISPONIBILIDADE DO EMPREENDEDOR	1/4	1/7	1/3	1	1/6	1/7	1/7	1/5	1	7	7	8	4	3	8	3
DOMÍNIO TECNOLÓGICO DA EQUIPE / EMPREENDEDOR	1/5	1/7	1/4	1	1/8	1/7	1/7	1	1/7	1	6	7	3	2	7	4
DOMÍNIO DE BUSINESS DA EQUIPE / EMPREENDEDOR	1/6	1/8	1/3	1	1/7	1/7	1/7	1	1/7	1/6	1	8	5	2	4	3
CONHECIMENTO SOBRE O SETOR	1/4	1/8	1/2	1	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/7	1/8	1	2	1	3	1
NEGOCIAÇÃO DE FORMATO DE RELACIONAMENTO	1/3	1/7	1/3	1/2	1/6	1/7	1/7	1/6	1/4	1/3	1/5	1/2	1	3	7	2
ALINHAMENTO ESTRATÉGICO COM DEMANDANTE	1/3	1/8	1/4	1	1/5	1/3	1/6	1/3	1/3	1/2	1/2	1	1/3	1	7	6
ALINHAMENTO ESTRATÉGICO COM CIMATEC	1/8	1/9	1/6	1	1/9	1/7	1/8	1/7	1/8	1/7	1/4	1/3	1/7	1/7	1	2
RISCO TÉCNICO	1/3	1/5	1/4	1	1/6	1/6	1/6	1/6	1/3	1/4	1/3	1	1/2	1/6	1/2	1