

Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

**Aplicação da Análise de Decisão Multicritério e
Otimização na Tomada de Decisão: Um Estudo das
Demandas da Tecnologia da Informação no Governo
Federal**

Luís Augusto Vieira Ribeiro

Dissertação apresentada como requisito parcial para qualificação do
Mestrado Profissional em Computação Aplicada

Orientador

Prof. Dr. João Carlos Félix Souza

Brasília
2023

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

RR484a Ribeiro, Luís Augusto Vieira
 Aplicação da Análise de Decisão Multicritério e
 Otimização na Tomada de Decisão: Um Estudo das Demandas da
 Tecnologia da Informação no Governo Federal / Luís Augusto
 Vieira Ribeiro; orientador João Carlos Félix Souza. --
 Brasília, 2023.
 87 p.

 Dissertação(Mestrado Profissional em Computação Aplicada)
 -- Universidade de Brasília, 2023.

 1. Tomada de Decisão. 2. Priorização. 3. Otimização. 4.
 AHP. 5. PROMETHEE. I. Souza, João Carlos Félix, orient. II.
 Título.

Dedicatória

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida e por ter me dado a força e a coragem que eu precisava durante esta longa jornada.

Aos meus pais, Waldir e Maria Lúcia, que já se encontram na companhia de Deus, por terem me ensinado com muito amor a valorizar uma formação acadêmica de excelência e a sempre lutar pelos sonhos que almejamos concretizar em nossas vidas; e

À minha amada esposa Cleide Felícia e aos meus queridos filhos Davi e Daniel, os tesouros que Deus colocou em minha vida, pelo apoio e compreensão nos desafios que se fizeram presentes em diversas ocasiões durante a realização do Mestrado. E, sem saberem, por serem um dos principais motivos pelo qual busquei com muito empenho a conquistar mais um título para o meu crescimento acadêmico, de modo que pudesse ser um exemplo para seguirem na caminhada em construção de suas vidas acadêmicas, profissionais, pessoais e espirituais.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. João Carlos Félix Souza, pelo incentivo e dedicação do seu escasso tempo ao meu projeto de pesquisa. Por compartilhar conhecimento e orientação durante todo este tempo e pela confiança a mim depositada na realização do trabalho final da dissertação do mestrado; e

Gostaria também de agradecer aos membros da banca examinadora e aos demais professores do programa de pós-graduação em computação aplicada por ampliarem meu horizonte de informações, enriquecendo-me com suas experiências a ponto de proporcionar crescimento acadêmico e profissional, formando mais um cidadão capaz de contribuir com a sociedade; e

Aos alunos que dividiram comigo tantos momentos de aprendizado, com os quais caminhei junto durante as aulas, reuniões e discussões em prol de alcançar um mesmo objetivo, o sonho de ser um mestre graduado por uma universidade renomada e, em especial, a Priscilla Ramos, amiga de turma e do trabalho, que constantemente me incentivou e apoiou nestes últimos anos intensos do mestrado em computação aplicada.

Resumo

Em um ambiente cada vez mais dinâmico, a velocidade da tomada de decisão passou a ser um diferencial, principalmente em um cenário que possui muitos entraves, como o governo. Interesses de diferentes esferas (municipal, estadual e federal) e atores (partidos políticos, bancadas, mobilização de grupos populares), devem consolidar-se na decisão mais assertiva para a sociedade. Desse modo, métodos que garantam a diminuição da subjetividade e aumento da consolidação de diversos pontos de vista são necessários. Assim, o objetivo deste estudo é desenvolver um método de priorização das demandas de tecnologia da informação para o Ministério Público Federal a fim de auxiliar na tomada de decisão e, para tal, utilizou-se dos métodos já conhecidos: **AHP**, **PROMETHEE II** e otimização. Esta pesquisa faz uso de análise multicritério e otimização. Como resultado do estudo, estabeleceram-se os critérios Suporte, Estratégicos e Partes Interessadas, com os respectivos pesos aproximados de 65%, 28% e 7%. Definiu-se 8 alternativas, onde a de maior destaque foi “Conhecimento técnico da equipe de **TIC**” com peso aproximado de 24,5%. Ademais, determinaram-se as restrições de recursos humanos capacitados na área tecnológica da informação, orçamentária e do risco a não realização da demanda para a instituição. A combinação dos critérios, alternativas e restrições aplicada na pesquisa resultou em um portfólio composto por 7 ou 8 demandas de **TI** a depender da variação da restrição orçamentária definida na utilização do método de otimização pelos parâmetros de limite inferior e superior do procedimento de fronteira eficiente que receberam, nesta ordem, os valores de R\$650.000,00 e R\$900.000,00, com incremento de R\$50.000,00. Dentre as 12 selecionadas para o estudo, as demandas “Segurança”, “**LGPD**”, “**Zoom**”, “**eSocial**”, “Serviços de **TI**” e “Sistema de Busca” foram sempre priorizadas apesar dos valores assumidos pela restrição orçamentária, comprovando alinhamento aos objetivos estratégicos da organização e, portanto, oportunizando uma melhor eficiência e eficácia nas entregas de tecnologia da informação para a instituição acarretando uma melhora na prestação de seus serviços para com a sociedade brasileira.

Palavras-chave: Tomada de Decisão, Priorização, Otimização, **AHP**, **PROMETHEE**

Abstract

In an increasingly dynamic environment, the speed of decision-making has become a differentiator, especially in a scenario that has many obstacles, such as the government. Interests from different spheres (municipal, state and federal) and actors (political parties, benches, mobilization of popular groups) must be consolidated in the most assertive decision for society. Therefore, methods that guarantee a reduction in subjectivity and an increase in the consolidation of different points of view are necessary. Thus, the objective of this study is to develop a method for prioritizing information technology demands for the Federal Public Ministry in order to assist in decision making and, to this end, we used the already known methods: **AHP**, **PROMETHEE II** and optimization. This research makes use of multi-criteria analysis and optimization. As a result of the study, the criteria Support, Strategic and Interested Parties were established, with the respective approximate weights of 65%, 28% and 7%. Eight alternatives were defined, where the most prominent was “Technical knowledge of the ICT team” with an approximate weight of 24.5%. In addition, restrictions on trained human resources in the information technology area, budgetary constraints and the risk of non-fulfillment of demand for the institution were determined. The combination of criteria, alternatives and constraints applied in the research resulted in a portfolio composed of 7 or 8 IT demands depending on the variation of the budget constraint defined in the use of the optimization method by the lower and upper limit parameters of the efficient frontier procedure that received, in that order, the amounts of R\$650,000.00 and R\$900,000.00, with an increase of R\$50,000.00. Among the 12 selected for the study, the demands “Security”, “**LGPD**”, “**Zoom**”, “**eSocial**”, “IT Services” and “Search System” were always prioritized despite the values assumed by the budget restriction, proving alignment with the organization’s strategic objectives and, therefore, providing opportunities for better efficiency and effectiveness in the delivery of information technology to the institution, resulting in an improvement in the provision of its services to the Brazilian society.

Keywords: Decision Making, Prioritization, Optimization, AHP, PROMETHEE

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Contextualização	1
1.2	Definição do problema de pesquisa	2
1.3	Justificativa	3
1.4	Objetivos	5
1.4.1	Objetivo geral	5
1.4.2	Objetivos específicos	5
1.5	Estrutura do trabalho	6
2	Referencial Teórico	7
2.1	Gestão de Riscos	7
2.2	Importância do processo de decisão na priorização de demandas de TI . . .	12
2.3	Priorização de demandas de TI	13
3	Metodologia	15
3.1	A análise multicritério (AHP)	16
3.1.1	Estruturar o problema de forma hierárquica	17
3.1.2	Comparar as opiniões em pares	18
3.1.3	Estabelecer as prioridades compostas ou globais	28
3.1.4	Análise crítica do método AHP	28
3.2	PROMETHEE II	30
3.3	Otimização	39
3.3.1	A otimização e alguns de seus métodos	40
4	Análise e Discussão dos Resultados	44
4.1	Aplicação do Método AHP	44
4.2	Aplicação do Método PROMETHEE II	49
4.3	Aplicação do Método de Otimização	53

5 Conclusão	66
5.1 Limitações	67
5.2 Trabalhos futuros	68
Referências	69
Apêndice	73
A Formulário Exploratório	74

Lista de Figuras

2.1	Visão esquemática do processo de gestão de riscos	8
3.1	Problema na forma hierárquica	18
3.2	O método PROMETHEE e a forma da função para os critérios de 1 a 6 . .	33
3.3	Curvas de $F_i(a, b)$ a partir de diferentes valores para s_i	34
3.4	Fluxo de saída da alternativa	35
3.5	Fluxo de entrada da alternativa	36
3.6	Metodologia aplicada	42
4.1	Hierarquia de Critérios e Alternativas	44
4.2	Comparação par a par dos Critérios	45
4.3	Classificação das Demandas de TI Priorizadas	50
4.4	Plano GAIA - Demandas de TI Priorizadas	51
4.5	Visão em rede da priorização das Demandas de TI	52
4.6	Resumo da otimização: função objetivo	58
4.7	Resumo da otimização: método	59
4.8	Resumo da otimização: restrições	60
4.9	Resumo da otimização: variáveis de decisão	61
4.10	Fronteira eficiente: restrição orçamentária	63

Lista de Tabelas

2.1	Matriz de Probabilidade e Impacto para ameaças e oportunidades	10
2.2	Ação gerencial em função do nível de risco	11
3.1	Escala fundamental	16
3.2	Valores do índice de consistência randômico (IR)	23
3.3	Matriz de comparação dos pares para o nível mais baixo	28
3.4	O método PROMETHEE e seus critérios gerais	32
4.1	Matriz de preferência de Critérios	45
4.2	Matriz de preferência do Critério Estratégicos	46
4.3	Matriz de preferência do Critério Partes Interessadas	47
4.4	Matriz de preferência do Critério Suporte	47
4.5	Ranking dos pesos dos Critérios	48
4.6	Ranking dos pesos das alternativas por Critérios	48
4.7	Tabela de Probabilidade	54
4.8	Tabela de Impacto	54
4.9	Tabela de Nível do Risco	55
4.10	Matriz Probabilidade X Impacto	56
4.11	Modelo de otimização considerando as restrições definidas	57
4.12	Priorização otimizada das demandas de TI	62
4.13	Priorizações otimizadas com flexibilização orçamentária	64

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AHP Analytic Hierarchy Process.

BI Business Intelligence.

CNMP Conselho Nacional do Ministério Público.

eSocial Sistema de Escrituração Digital das Obrigações Fiscais, Previdenciárias e Trabalhistas.

IC Índice de Consistência.

IR Índice de Consistência Randômico.

ISO International Organization for Standardization.

LGPD Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais.

MCDA Multi-Criteria Decision Analysis.

MP Ministério Público.

MPF Ministério Público Federal.

MPU Ministério Público da União.

NBR Norma Brasileira.

PDTI Plano Diretor de Tecnologia da Informação.

PEI Plano Estratégico Institucional.

PML Prioridades Médias Locais.

PNTI-MP Plano Diretor de Tecnologia da Informação do Ministério Público.

PROMETHEE Preference Ranking Organization Method for Enriched Evaluation.

RC Razão de Consistência.

SAC Sistema de Atendimento ao Cidadão.

SCI Sistema de Cooperação Internacional.

STIC Secretaria de Tecnologia da Informação e Comunicação.

TCU Tribunal de Contas da União.

TI Tecnologia da Informação.

TIC Tecnologia da Informação e Comunicação.

Zoom Plataforma de videoconferências.

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contextualização

O cenário global que vem se desenhando nos últimos anos de dependência das organizações públicas às soluções de Tecnologia da Informação (TI) chamaram a atenção dos órgãos de controle em decorrência do crescente risco a que isso se aplica, visto que tais organizações detêm e manipulam os dados referentes a grande parte da população brasileira.

Considerando essa situação, o tema gestão de riscos tem protagonizado diversos estudos por parte do Tribunal de Contas da União (TCU) vinculados à administração pública federal que, por sua vez, através do Acórdão n.º 1956/2016 emitido pela sua 1ª Câmara, recomendou ao Ministério Público Federal (MPF), dentre outras ações, o estabelecimento de um sistema de gestão de riscos que identificasse os riscos considerados críticos pelo órgão, de modo a permitir a adoção de medidas mitigadoras, não se descuidando, ainda, da atribuição da responsabilidade pela coordenação e continuidade do mencionado sistema [TCU, 2016].

Mediante tal recomendação, em agosto de 2017, instituiu-se a política de gestão de riscos do Ministério Público da União (MPU) [MPU, 2017]. No entanto, as ações relacionadas a gestão de riscos não têm se mostrado regulares e dependem de iniciativa das áreas do MPF que demonstrem conhecimento e interesse na utilização de práticas referentes ao tema. Ademais, anualmente, a instituição precisa prestar contas ao TCU por meio do relatório de gestão do MPU, do qual, essa faz parte. Ao encontro dessa obrigação, desde junho de 2020, uma nova gestão, composta por novos integrantes, se fez presente na Secretaria de Tecnologia da Informação e Comunicação (STIC) que, ao tomarem conhecimento de problemas recorrentes que geravam insatisfação da área cliente, do grande volume de projetos em execução e de solicitações de novas demandas atendidas sem critérios definidos, além da escassez de recursos humanos da área de tecnologia da informação

que por anos sofreu com a evasão de profissionais capacitados para outras áreas que não pertenciam à **STIC**, decidiu pela instituição de uma priorização de todos os projetos em andamento e de novas demandas de **TI** encaminhadas à secretaria e pela definição de um critério mais rigoroso para a cessão de novos profissionais de **TI** a outras áreas mediante solicitação ou processo seletivo. Medidas que visam a mitigação dos riscos da qualidade no atendimento às áreas clientes e insuficiência de pessoal de tecnologia da informação.

Importante ressaltar que em fevereiro de 2022, a alta administração, estabeleceu o Planejamento Estratégico Institucional (**PEI**) do Ministério Público Federal para o período 2022-2027 [MPU, 2022], assim sendo, a instituição está adequando seus normativos estratégicos ao novo **PEI**, dentre os quais, implica dizer, em novos Planos Estratégico e Diretor de Tecnologia da Informação (**PDTI**). O alinhamento estratégico foca em garantir a ligação entre os planos de negócios e de **TI**, definindo, mantendo e validando a proposta de valor de **TI**, alinhando a estratégia de **TI** com a estratégia da organização [ISACA, 2012].

Diante deste cenário, a formalização de um processo de priorização de demandas de **TI** no **PDTI** a ser adequado ao novo **PEI** se torna oportuna e corrobora com o que solicitado pelo Acórdão n.º 1956/2016 do **TCU** no que tange a gestão de riscos.

1.2 Definição do problema de pesquisa

A tecnologia e as soluções de Tecnologia da informação estão em constante evolução, as organizações estão lidando com mudanças constantes, as demandas de **TI**, bem como as habilidades de liderança em **TI**, tornam o processo de priorizar as demandas de **TI** para implementação ainda mais complexo [Freeman, 2021]. Segundo Pariz [Pariz et al., 2022], esta complexidade é definida não apenas pelos critérios qualitativos e subjetivos na tomada decisões, mas também a informações incompletas ou indisponíveis, assim como a falta de conhecimento dos avaliadores.

À medida que aumenta a capacidade das soluções tecnológicas em simplificar e inovar as operações de negócio, maior é a demanda e, em consequência disso, a complexidade do processo decisório para priorizar as demandas para desenvolvimento de soluções de **TI**. Essa complexidade é gerada ante a incerteza relacionada a definição do custo-benefício, até a definição de critérios importantes para assegurar o alinhamento das operações às estratégias do órgão.

A sistemática de priorização e otimização são temas que estão sendo abordados em diversos contextos e, por essa razão, existem muitos estudos relacionados a esses assuntos, como pode-se observar no caso do gerenciamento de projetos em uma instituição, situação bem condizente com o contexto foco desse trabalho. Conforme Vavatsikos

[Markou et al., 2017], os recursos de um projeto podem exceder ou ficar aquém da demanda ao longo de sua execução. Essas características se tornam um desafio para os gerentes de projeto realizarem uma alocação que garanta a utilização ótima desses recursos, durante o ciclo de vida do projeto. Para resolver esse problema, o nivelamento de recursos fornece procedimentos e estruturas que garantem o gerenciamento eficiente desses recursos para obter perfis de uso adequados. Esses procedimentos tentam identificar as atividades que devem ser atrasadas para resolver a alocação excessiva de recursos sob restrições de tempo e custo, considerando a existência de uma variedade de regras disponíveis que podem ser seguidas pelos gerentes de projeto para priorizar as atividades.

Tendo como fatores expressivos para o aumento da complexidade do processo de tomada de decisão, a alta dependência tecnológica para o alcance dos objetivos estratégicos de uma instituição estar ampliando o número de demandas de **TI** e das restrições existentes atualmente de recursos humanos capacitados na área tecnológica da informação e orçamentária, além do risco que representaria a não realização de alguma dessas demandas para o Ministério Público Federal, assim, o problema dessa pesquisa pode ser descrito sucintamente da seguinte forma:

*De que maneira podemos auxiliar o processo decisório por meio da priorização e otimização das demandas de **TI** em uma instituição governamental?*

1.3 Justificativa

Se por um lado o **MPF** tem investido para que a gestão de riscos se torne uma prática institucional que otimize o alcance de seus objetivos estratégicos, por outro lado, esse avanço tem sido aquém do que a Secretaria de Tecnologia da Informação e Comunicação espera e anseia em virtude da sua carência com relação a essa temática.

A **STIC** por possuir um orçamento expressivo é partícipe em diversas auditorias internas e prestação de contas a órgãos de controle externos a organização, além da responsabilidade pela condução da maioria dos projetos propostos e realizados pela instituição que, mesmo quando não está gerenciando o projeto, ainda assim, em muitos casos, possui papel crucial para o seu sucesso. Além disso, atualmente, se encontra em um cenário de escassez de concursos para a devida reposição de pessoal especializado em **TI** frente a redução dada pela evasão que vem ocorrendo nos últimos anos dessas pessoas para outras áreas do **MPF**, instituições ou, até mesmo, aposentadorias e falecimentos.

Ao encontro da recomendação do **TCU** imputada para o **MPF** pelo Acórdão n.º 1956/2016 que insurgiu no fomento da instituição no amadurecimento das práticas da gestão de riscos, o Conselho Nacional do Ministério Público — **CNMP**, por meio da Resolução n.º 171/2017 [CNMP, 2017], instituiu a Política Nacional de Tecnologia da

Informação do Ministério Público — **PNTI-MP**. Em seu Art. 18º, inciso II, solicita a regulamentação da gestão do macroprocesso de riscos de **TI** nas unidades e ramos do Ministério Público (**MP**).

Importa-se dizer que um dos principais objetivos de uma empresa é obter o máximo benefício de seus negócios no menor tempo possível. Para fazer isso, é necessário gerenciar adequadamente a demanda do cliente. Diante disso, o processo de priorização deve ocorrer de acordo com critérios preestabelecidos, de forma que as ações priorizadas gerem o maior benefício para a empresa, se implementadas. Para atingir esses objetivos, o alinhamento entre os executivos de negócios e o diretor de informações e de gerenciamento de **TI** é importante [Alonso et al., 2009].

Atrelados aos assuntos relacionados acima, orçamento, projeto, redução de pessoal e priorização de demandas, a gestão de riscos se faz extremamente importante para o apoio que os gestores da **STIC** precisam em suas tomadas de decisão no correto direcionamento dos recursos aos quais lhe pertencem, perfazendo assim de uma boa administração e consequente contribuição para a concretização dos objetivos estratégicos da instituição e conformidade com o Acórdão n.º 1956/2016 do **TCU** e com a Resolução n.º 171/2017 do **CNMP**.

A priorização de demandas está contida no processo de Gestão da Demanda, a qual é parte fundamental da governança de **TI**, que por sua vez apoia o processo decisório no nível da governança corporativa da empresa [Quichíz & Bayona-Oré, 2016].

Diversos estudos têm apresentado métodos conhecidos na priorização de alternativas, que para este trabalho, devem ser consideradas como as demandas de **TI**. Sendo a Análise Multicritério e a Otimização, opções que tem se destacado pela consolidação desses métodos e pelo crescente número de pesquisas no meio acadêmico quando associados ao assunto de priorização, classificação ou ranqueamento.

A efetiva aplicação de práticas relacionadas à gestão de riscos pela gestão da **STIC** através de um processo de priorização e otimização de demandas de **TI** que a auxilie na tomada de decisão demonstrará uma maior maturidade de como proceder para o alcance dos resultados esperados às pretensões da alta administração do **MPF**, que responderá com mais propriedade à conformidade em relação às cobranças e regulamentações emitidas pelo **TCU** e **CNMP**. Ademais, tal processo, possibilita a extensão de seu uso para as demais secretarias nacionais e áreas finalísticas do **MPF** no crescente desenvolvimento da cultura de gestão de riscos dentro da instituição.

1.4 Objetivos

Podemos afirmar, mediante a vasta literatura sobre o tema gestão de riscos, que este assunto é de extrema importância para as organizações públicas ou privadas, no alcance de seus objetivos estratégicos, mas também possui alta complexidade, tanto que políticas, normas e métodos precisaram ser elaborados a fim de orientar o uso de suas práticas. No entanto, a evolução da maturidade de uma organização pública na gestão de riscos tende a ser um caminho árduo, pois a transversalidade do tema e, no caso específico do MPF, a sua estrutura organizacional com atuação e distribuição física em todo o território nacional explica a complexidade encontrada em uma real mudança cultural para a adoção das práticas da gestão de riscos em suas atividades, quer sejam estratégicas ou operacionais.

Sendo o escopo deste trabalho ainda mais restrito a utilização dessas práticas na Secretaria de Tecnologia da Informação e Comunicação, partindo de uma necessidade em se buscar uma gestão mais eficiente dos recursos humanos e orçamentários com o menor risco possível a fim de alcançar os objetivos estratégicos do MPF e, ainda, atender ao Acórdão do TCU n.º 1956/2016 e à Resolução n.º 171/2017 do CNMP, é que se definem os objetivos geral e específicos.

1.4.1 Objetivo geral

Este trabalho possui o objetivo geral de desenvolver um método de priorização das demandas de tecnologia da informação para o Ministério Público Federal a fim de auxiliar na tomada de decisão.

1.4.2 Objetivos específicos

De forma a atingir esse objetivo geral, focado na priorização das demandas de tecnologia da informação para o Ministério Público Federal, faz-se essencial o cumprimento dos objetivos específicos a seguir:

OE1: Identificar quais métodos podem ser utilizados em um processo de priorização de demandas de tecnologia da informação;

OE2: Selecionar o(s) método(s) que mais se adequa(m) ao objeto de estudo;

OE3: Definir os critérios, alternativas e restrições que irão contribuir para a priorização das demandas de tecnologia da informação para o Ministério Público Federal;

OE4: Aplicar o método selecionado a uma amostra de especialistas;

OE5: Validar o método proposto.

1.5 Estrutura do trabalho

O trabalho está estruturado em cinco capítulos a fim de seguir uma ordem cronológica que permita uma melhor compreensão da pesquisa proposta, iniciando-se pela introdução que visa contextualizar e expor o problema a ser tratado por esta pesquisa, assim como a justificativa para a sua realização e os objetivos geral e específicos a serem utilizados com o intuito de buscar uma possível solução para ele.

Após a introdução, segue-se para o referencial teórico que visa apresentar os conceitos relacionados ao objeto da pesquisa.

O capítulo seguinte abordará a metodologia aplicada durante o andamento do trabalho, buscando-se detalhar o cenário no qual a pesquisa ocorre e os recursos utilizados.

Na sequência, o próximo capítulo discorre sobre a análise e discussão dos resultados encontrados para o devido esclarecimento do leitor.

Finalmente, o último capítulo apresenta a conclusão obtida ao final do estudo, descrevendo claramente as suas limitações e, ainda, possíveis recomendações de trabalhos futuros.

Capítulo 2

Referencial Teórico

Este capítulo possui o intuito de esclarecer os conceitos necessários para a compreensão do trabalho desenvolvido até o atingimento dos objetivos pretendidos.

2.1 Gestão de Riscos

Inicialmente, precisa-se entender o que seria um risco. Definições a respeito desse termo, podem divergir em alguns aspectos. Risco pode ser descrito como a percepção do perigo, de uma catástrofe possível [Veyret, 2007]. No entanto, essa é uma visão apenas negativa do que um risco pode representar, a norma **ABNT NBR ISO 31000:2018** que dispõe sobre os princípios e diretrizes da “gestão de riscos” e possui aceitação internacional, refere-se ao termo “risco” como sendo um efeito da incerteza nos objetivos de uma instituição. A fim de esclarecer ainda mais, deve-se assumir que um efeito seria qualquer desvio com relação ao que se espera, podendo ser este positivo, negativo ou ambos, e consegue abordar, criar ou resultar em oportunidades e ameaças [ABNT, 2018].

Observando-se os dois conceitos apresentados, é perceptível a diferença entre eles, enquanto um avalia apenas o aspecto negativo do risco, o outro possui uma visão mais abrangente. A gestão de riscos, sendo um conjunto de atividades coordenadas a fim de se dirigir e controlar uma instituição no que diz respeito a riscos [ABNT, 2018], necessita de uma visão que não apenas esteja focada nos riscos de caráter negativo, mas que também invista em oportunizar riscos de caráter positivo para a organização.

A caracterização do risco se traduz pela associação entre a consequência de um evento e a probabilidade de sua ocorrência [Saldanha, 2018] independente do caráter do risco ser negativo ou positivo. Segundo a **ISO 31000:2018**, define-se evento como o acontecimento ou mudança em um determinado grupo de circunstâncias, consistindo em um ou mais acontecimentos que podem levar a inúmeras causas e consequências [ABNT, 2018]. Além

disso, o evento consegue acontecer quando não é esperado ou ser esperado, mas não ocorrer.

Mediante a complexidade que envolve o assunto, a gestão de riscos precisa que a realização de suas atividades transcorram de maneira sistemática e, portanto, elaborou-se um processo de gestão de riscos constante da norma **ABNT NBR ISO 31000:2018** que se apresenta consoante a ilustração da Figura 2.1.

Figura 2.1: Visão esquemática do processo de gestão de riscos



Fonte: [ABNT, 2018].

O processo da gestão de riscos, cujo propósito é a criação e proteção de valor, visando o incremento do desempenho, o encorajamento da inovação e o apoio ao alcance dos objetivos estratégicos da instituição, inicia-se com esse intuito pelo estabelecimento do contexto organizacional, temporal ou geográfico onde o evento de risco pode ser encontrado e indica as regras e critérios a serem utilizados. Sendo assim, o estabelecimento do

contexto envolve demonstrar o escopo externo, interno e as regras e critérios de avaliação do risco conforme as políticas e diretrizes do negócio [Saldanha, 2018].

Segue-se para a etapa do processo de avaliação de riscos composta pelas subetapas de identificação, análise e avaliação de riscos. Como o próprio nome já diz, a identificação de riscos busca encontrar os riscos e deve ser praticada por todos os envolvidos e responsáveis pela organização onde esteja sendo realizada a gestão de riscos. Um dos métodos apropriados para essa atividade é o brainstorming, em que todos os participantes relacionam eventos desfavoráveis capazes de afetar o alcance dos objetivos de uma instituição. A partir da relação de riscos identificados, começa-se a análise de cada um deles, tentando compreender como o risco pode vir a acontecer e qual a consequência dele ao se concretizar. Para tal, busca-se achar quais são as fontes de riscos e as causas, suas consequências e as chances ou probabilidades de que eles ocorram. Importa-se ainda o registro dos fatores observados que possam afetar as consequências e dos controles presentes e suas respectivas eficácias [Saldanha, 2018].

O processo de gerenciamento de riscos é baseado em conhecimento, ou seja, reduzem-se os riscos quando há a redução do que não se conhece. Sendo assim, há uma relação diretamente proporcional, pois ao se diminuir o número de incertezas o nível de riscos também diminui e com isso as chances de sucesso são maiores.

Após o cumprimento das etapas e subetapas anteriores, é possível a execução da avaliação de riscos que objetiva estimar o nível de risco do evento aferido conforme os critérios estabelecidos pela organização. São os critérios adotados que permitem a elaboração de uma métrica que proporciona avaliar a grandeza do evento de risco. Com isso, ao se avaliando todos os riscos a partir de uma mesma métrica e critério, torna-se possível a comparação entre as grandezas dos eventos de risco para que desse modo uma prioridade seja definida a fim da alocação de recursos e do cumprimento de esforços no tratamento de cada um dos eventos de risco avaliados [Saldanha, 2018].

A matriz de probabilidade e impacto, também conhecida como matriz de risco, é uma ferramenta capaz de medir o nível de um evento de risco por meio da mensuração da probabilidade e do impacto resultando na sua grandeza. Primeiramente, visando a sua construção, precisa-se mensurar o quão provável é que um risco aconteça, ou seja, qual a probabilidade (eixo vertical) de ocorrência do risco. Para isso, utiliza-se de níveis qualitativos como, por exemplo: muito baixo, baixo, moderado, alto e muito alto. Entretanto, esses níveis também podem ser quantitativos, e nesse caso, algumas vezes, são encontrados em uma percentual. Uma correspondência entre as formas qualitativas e quantitativas dos níveis de probabilidade apresenta-se da seguinte maneira: muito baixo (1% a 10%), baixo (11% a 30%), moderado (31% a 50%), alto (51% a 70%) e muito alto (71% a 90%) [Napoleão, 2019].

Na sequência, é necessário descobrir o tamanho do impacto (eixo horizontal) que determinado risco teria sobre os objetivos de uma organização, em outras palavras, quais seriam os danos ou ganhos causados na incidência do risco. Percebe-se que o impacto pode ser tanto negativo (prejuízo financeiro, perda de clientes, etc.) quanto positivo (redução de impostos, novos negócios, etc.) e, assim como a probabilidade, também é medido em níveis [Napoleão, 2019].

Ressalta-se que pode ser definida a quantidade de níveis que desejar, sendo que o número escolhido deve ser aplicado tanto para a probabilidade (eixo vertical) quanto para o impacto (eixo horizontal), isto é, ambos os eixos terão a mesma quantidade de níveis.

Estabelecida a quantidade e quais são os níveis para ambos os eixos, probabilidade e impacto, cria-se a matriz de probabilidade e impacto correlacionando os seus respectivos níveis a fim de resultar nos níveis de riscos para a instituição, organizando a matriz conforme demonstrado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Matriz de Probabilidade e Impacto para ameaças e oportunidades

Probabilidade	Ameaças					Oportunidades				
	90%	Média	Média	Alta	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	Média
70%	Baixa	Média	Média	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta
50%	Baixa	Baixa	Média	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Média	Alta	Alta
30%	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta	Baixa	Média	Média	Alta	Alta
10%	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta	Alta	Alta	Alta
	Muito Baixo	Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto	Muito Alto	Alto	Moderado	Baixo	Muito Baixo
Impacto										

Fonte: [Napoleão, 2019] com adaptações.

Complementar a matriz de probabilidade e impacto, cria-se uma associação entre os níveis de riscos e as tomadas de decisão gerenciais apresentando quais ações a serem efetuadas para cada nível existente [Saldanha, 2018], vide a Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Ação gerencial em função do nível de risco

Nível de Risco	Ação gerencial
Muito alto	Suspender/rever operação que gere o evento de risco
Alto	Tratar/reduzir o risco
Médio	Acompanhar e controlar o evento utilizando os processos de gestão já praticados
Baixo	Sem necessidade de ação gerencial

Fonte: [Saldanha, 2018] com adaptações.

Ao se considerar a gestão de risco, todas essas ações gerenciais são válidas, entretanto, para o gerenciamento de risco apenas a alternativa “Tratar/reduzir o risco” deve ser tida como um recurso. Em outras palavras, diferentemente da gestão de riscos que trata todas as ações, o gerenciamento de um risco diz respeito a utilização de controles que visem a sua redução por ser detentor de um alto nível, conforme critérios organizacionais pré-definidos [Saldanha, 2018].

A etapa de tratamento de risco precisa ser estabelecida quando a organização está estruturando sua gestão de risco com o objetivo de selecionar e implementar ações para tratá-los. Isso decorre de um processo iterativo em que é necessário elaborar e determinar quais serão as ações, planejar e implementar o tratamento de risco, avaliar a sua eficácia, decidir se o risco residual é aceitável e, caso não seja, efetuar tratamento complementar [ABNT, 2018].

Deve-se levar em consideração quais serão os benefícios adquiridos com relação ao alcance dos objetivos, frente aos custos, trabalho ou complexidade da implementação ao selecionar a(s) ação(ões) gerencial(is) mais convenientes para um risco específico. Isto é, nem sempre a aplicação de uma ação gerencial poderá ser apropriada naquele momento ou, ainda, em alguns casos será oportuno adotar mais de uma. A ABNT NBR ISO 31000:2018 apresenta algumas opções de ações que são capazes de gerir os riscos em uma organização, a saber: evitar o risco ao não começar ou continuar com uma atividade que seja a fonte dele, avocar ou aumentar o risco a fim de ir ao encontro de uma oportunidade, eliminar a sua fonte originadora, alterar a probabilidade ou as consequências do risco, compartilhá-lo ou decidir por manter o risco [ABNT, 2018].

O motivo pela realização do tratamento de riscos é muito maior que apenas questões econômicas, imponta-se atentar para os compromissos obrigatórios e voluntários da instituição, assim como dos interesses das partes envolvidas. Ressalta-se a necessidade de que a atividade de escolha das ações para o tratamento de riscos esteja conforme os objetivos

estratégicos da organização, critérios de risco pré-definidos e disponibilidade de recursos [ABNT, 2018].

Ainda que bem-planejado e implementado, o tratamento de risco em alguns casos não atinge o seu propósito e pode, inclusive, criar consequências indesejáveis. Demonstra-se dessa forma, a importância da etapa de monitoramento e análise crítica, visto que esta precisa acompanhar todas as demais etapas do processo de gestão de riscos com o intuito de garantir sua eficiência e eficácia. Importa que todos os resultados sejam registrados e relatados utilizando-se de ferramentas adequadas de divulgação das informações para que os integrantes da organização tenham conhecimento do que está sendo obtido por meio desse processo e, principalmente, a fim de aperfeiçoar as atividades de gestão de riscos e auxiliar a tomada de decisão.

2.2 Importância do processo de decisão na priorização de demandas de TI

Diariamente somos expostos a situações nas quais devemos decidir entre duas ou mais alternativas, com o intuito de obter a melhor opção. Esse processo de escolher a opção mais adequada é conhecido como processo decisório [Rezende, 2003]. O processo decisório é composto por diversos elementos, destacando-se como principais o estado da natureza que implica em condições de incerteza, risco ou certeza no ambiente, o tomador de decisão que é o indivíduo ou grupo que escolhe entre as alternativas disponíveis, os objetivos que seriam os fins a que se deseja, as preferências definidas pelos critérios utilizados para determinar uma opção, a situação que é dada por meio dos aspectos ambientais que envolvem o tomador de decisão e que influenciam sua escolha, a estratégia tida como sendo o curso de ação escolhido para atingir os objetivos da melhor forma e o resultado que vem como a consequência de uma estratégia [Chiavenato, 2004].

O ato de avaliar se o resultado do projeto ou, no caso aplicado desse estudo, de uma demanda de TI, é um sucesso ou a melhor opção, se beneficiaria de uma representação unificadora do sucesso do projeto [Bannerman, 2008]. Segundo esse estudo, essa representação ajudaria a concentrar a avaliação em aspectos dos projetos importantes para as partes interessadas, além de facilitar a comunicação e a comparação por meio de uma linguagem comum de sucesso do projeto. Para tanto, ele propõe um framework que abrange múltiplas expectativas e percepções que surgem de diferentes perspectivas das partes interessadas em diferentes posições de interesse e do tempo, com o objetivo de propor essa representação unificadora.

2.3 Priorização de demandas de TI

Um dos principais objetivos de uma empresa é obter o máximo benefício de seus negócios no menor tempo possível. Para fazer isso, é necessário gerenciar adequadamente a demanda do cliente. Diante disso, o processo de priorização deve ocorrer de acordo com critérios preestabelecidos, de forma que as ações priorizadas gerem o maior benefício para a empresa, se implementadas. Para atingir esses objetivos, o alinhamento entre os executivos de negócios e o diretor de informações e de gerenciamento de TI é importante [Alonso et al., 2009].

A priorização de demandas está contida no processo de Gestão da Demanda, a qual é parte fundamental da governança de TI, que por sua vez apoia o processo decisório no nível da governança corporativa da empresa [Quichíz & Bayona-Oré, 2016].

Muitos métodos já são conhecidos na priorização de alternativas, consideradas para esse estudo, as demandas de TI, tais como a lógica Fuzzy, o SmartPatch, a técnica Delphi, o AHP e o PROMETHEE II.

A lógica Fuzzy se baseia na teoria dos conjuntos difusos, sendo essa uma extensão da teoria comum dos conjuntos introduzida por [Zadeh, 1965] para lidar com incerteza e imprecisão associadas à informação. Por essa razão, bastante utilizada por tomadores de decisão em diversas temáticas. Já o método SmartPatch, possui uma aplicação mais específica, ao focar na priorização de patches (atualizações/correções) integrando, para isso, conceitos de modelagem de sistemas, gerenciamento de riscos e teoria dos jogos, capaz de reduzir o impacto de possíveis ataques quando utilizado na proteção de uma rede de comunicação de dados corporativa, mesmo que ainda sob restrição de custos para a implantação dos patches necessários [Yadav et al., 2022]. Outro bem conhecido e utilizado também, a técnica Delphi, que por meio de questionário anônimo aplicado em diversas rodadas, respondido por especialistas selecionados por quem está conduzindo a pesquisa, foi utilizado na condução de estudos na União Europeia para a priorização de informações de saúde populacional que subsidiassem uma política nacional de saúde [Fehr et al., 2022], mas é uma técnica empregada em temáticas diferentes ao estudo citado, como, por exemplo, em projetos de qualquer espécie para a definição da prioridade dos requisitos de negócio a serem atendidos. Além desses, têm-se também o AHP que foi usado como método para estruturar um problema e obter os pesos dos critérios incorporando os valores de incerteza. Então, o PROMETHEE II pode ser aplicado para classificar integralmente as alternativas disponíveis. Essa associação dos métodos AHP-PROMETHEE II foi observada em trabalhos descobertos durante a revisão bibliográfica em que esses demonstraram ao final que essa combinação auxiliou os decisores na tomada de melhores decisões para os problemas apresentados [Hanine et al., 2017].

Dentre os métodos pesquisados, pode-se perceber que estes apresentam pontos fortes e fracos, mas que a tendência dos estudos tem sido na composição dos métodos de maneira a aproveitar os pontos fortes e sanar ou, ao menos, reduzir as fragilidades de determinado método com a aplicação de outro.

Consequentemente, pela indicação dada pelo levantamento bibliográfico feito de quais métodos se aplicariam melhor ao problema foco dessa pesquisa, diversos estudos apontaram com a associação dos métodos **AHP** e **PROMETHEE II** que foram citados, cocitados e acoplados, sendo esse um dos critérios adotados para este trabalho, além, é claro, do fato dos resultados obtidos por esses estudos analisados terem demonstrado êxito. Portanto, optou-se pela utilização desses métodos para a proposição a que essa pesquisa se presta para o alcance do objetivo geral almejado. O detalhamento conceitual desses métodos selecionados se encontram a seguir.

Capítulo 3

Metodologia

Este estudo busca apoiar a decisão sobre a priorização das demandas de tecnologia da informação no Ministério Público Federal via análise multicritério.

Como instrumento de pesquisa foi realizada uma entrevista semi-estruturada com três especialistas (Assessor Técnico, Chefe de Gabinete e Secretário Adjunto), sendo eles, os tomadores de decisão quanto à aceitação de demandas para a área de **TI**.

A entrevista aconteceu em reunião de trabalho, na qual, os especialistas receberam um formulário exploratório (apêndice A) com a lista dos objetivos estratégicos de **TI** da organização e os itens a serem respondidos por eles de modo a subsidiar com insumos o estudo a ser realizado. Os três especialistas foram convidados a discutir no primeiro item do citado formulário sobre quais conjuntos de critérios poderiam ser utilizados para estabelecer a priorização das demandas de **TI**. No segundo item, solicitou-se a eles que identificassem quaisquer alternativas ou fatores contextuais que explicassem o foco de cada um dos critérios. Além disso, com o terceiro item, os especialistas precisaram definir as restrições que impedem ou dificultam o atendimento das demandas de **TI** no **MPF** e, finalmente, com o último item do formulário, requereu-se dos respondentes uma relação de demandas de **TI** a fim de compor a amostra a ser utilizada na execução deste estudo.

Após o consenso dos três especialistas, definiu-se o emprego de 3 (três) critérios, 8 (oito) alternativas, 3 (três) restrições e uma amostra formada por um conjunto de 12 (doze) demandas de **TI** com o objetivo de desenvolver um método de priorização dessas demandas para o Ministério Público Federal a fim de auxiliar na tomada de decisão e, para tal, utilizou-se dos métodos já conhecidos: **AHP**, **PROMETHEE II** e otimização.

A pesquisa iniciou-se aplicando o método Multicritério Analítico Hierárquico (**AHP**) com a escala selecionada e que se encontra disposta na Tabela 3.1, também conhecida como Escala Saaty [Saaty, 1990]: importância extrema (9), importância muito alta (7), importância alta ou essencial (5), importância moderada de um sobre o outro (3) e mesma importância (1).

Tabela 3.1: Escala fundamental

Importância numa escala absoluta	Definição	Explicação
1	Mesma importância	Ambas atividades contribuem igualmente com o objetivo
3	Importância moderada de um sobre o outro	A experiência e a opinião favorecem uma atividade sobre a outra
5	Importância alta ou essencial	A experiência e a opinião favorecem enormemente uma atividade sobre a outra
7	Importância muito alta	Uma atividade é fortemente favorecida e sua dominância é demonstrada na prática
9	Importância extrema	A evidência do favorecimento de uma atividade sobre a outra é do mais alto nível
2,4,6,8	Valores intermediários entre as opiniões adjacentes	Quando necessário
Recíproco	Se a atividade “i” tem um dos valores intermediários atribuídos a ela quando comparada com a atividade “j”, então “j” tem o valor recíproco quando comparado com “i”	Usados para graduações mais finas das opiniões
Racionais	Razões decorrentes da escala	Se a consistência fosse forçada pela obtenção de “n” valores numéricos para estender (span) a matriz

Fonte: [Saaty, 1990] com adaptações.

3.1 A análise multicritério (AHP)

Nesse contexto, a aplicação da metodologia *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA) auxilia a escolha do tomador de decisões por meio do processo de determinar a melhor ordem entre as opções disponíveis [Souza et al., 2020]. Essa metodologia consiste na determinação de uma ordem preferencial entre as opções disponíveis, auxiliando o tomador de decisão em seu processo de escolha. A preferência será definida a partir do desempenho das opções, se considerados os critérios identificados pelos especialistas e que serão os únicos fatores a subsidiar a decisão. Em cada critério, o tomador de decisão deve atribuir um valor para todas as opções e, a partir desse estágio, métodos multicritérios são utilizados em cada alternativa para agrupar as notas dos critérios, resultando em um ranking de preferência entre as opções [Steele et al., 2008].

Pode-se perceber que o método considera durante o processo de tomada de decisão a experiência do decisor, sendo esta, tão importante quanto às informações levantadas

durante a definição dos critérios e alternativas a serem adotados.

O método **AHP** fundamenta-se em três princípios de análise lógica [Costa, 2002], quais sejam, a construção hierárquica, a definição de prioridades e a consistência lógica.

O primeiro princípio, “construção hierárquica”, objetiva estruturar o problema a ser analisado em níveis hierárquicos a fim de reduzir sua complexidade, ou seja, facilitando a sua compreensão. Esta é uma etapa fundamental do processo de raciocínio humano. Durante a realização dessa atividade, identificam-se os elementos-chave para a tomada de decisão, agrupando-os em conjuntos afins, os quais são alocados em camadas específicas. O segundo, “definição de prioridades”, enfatiza o ajuste das prioridades que está relacionado diretamente a habilidade que o ser humano possui de perceber a coesão entre objetos e situações observadas, comparando pares tendo em vista um foco ou critério específico. Por último, “consistência lógica”, sendo o terceiro princípio que vem e traz a possibilidade de avaliar a consistência do modelo de priorização construído.

A **AHP** é uma abordagem de **MCDA** na qual os fatores são organizados em uma estrutura hierárquica para apoiar decisões complexas, por meio de três passos de implementação [Saaty, 1990], sendo eles: estruturar o problema de forma hierárquica, comparar as opiniões em pares e estabelecer as prioridades compostas ou globais.

3.1.1 Estruturar o problema de forma hierárquica

Inicialmente, o problema deve ser decomposto em objetivo geral, critérios e alternativas de modo a estarem organizados hierarquicamente a fim de conceber um modelo que seja capaz de representar os elementos a serem avaliados e, portanto, necessita de aprovação por parte dos decisores. Subentende-se que o passo de estruturação hierárquica de um problema muitas vezes complexo, requer experiência e domínio deste por todos os envolvidos no processo. Existe a possibilidade que diferentes decisores estruturem um mesmo problema em cadeias hierárquicas distintas, desta forma, para o método **AHP** uma hierarquia não necessariamente é única [Schmidt, 1995]. O primeiro nível (superior) deve corresponder ao objetivo geral. No segundo nível estão os “m” critérios que influenciam na decisão e contribuem para a consecução do objetivo geral e, no terceiro nível (ou inferior), constam as “n” alternativas que devem ser avaliadas em relação aos critérios do segundo nível, conforme apresentado na Figura 3.1. Ressalta-se que em uma cadeia de estrutura hierárquica relativa a um determinado problema, esta possa ainda, além dos níveis apresentados, possuir outros níveis intermediários indicando a existência de subcritérios [Freitas et al., 2006].

Figura 3.1: Problema na forma hierárquica



Fonte: [Schmidt, 1995] com adaptações.

Essa hierarquia é derivada de escalas relativas que se valem de opiniões ou dados de uma escala comum.

3.1.2 Comparar as opiniões em pares

Antes de adentrar-se na comparação em pares, importa dizer que tais comparações são feitas por meio de julgamentos proferidos pelos decisores e que estes visam avaliar entre duas alternativas, qual e o quanto uma alternativa seria mais satisfatória com relação à outra.

Neste passo, os tomadores de decisão deverão seguir alguns axiomas. Se não houver aplicabilidade dos axiomas, as perguntas não tem a significância necessária ou não há como comparar as alternativas [Saaty, 1986]. O primeiro axioma é denominado por *comparação recíproca*, o qual diz que deverá ser possível a comparação entre duas alternativas de forma que o tomador de decisão consiga impor suas preferências e que a intensidade delas seja suficiente para satisfazer a condição de reciprocidade: se uma alternativa “A” é X vezes mais preferível que a alternativa “B”, logo, B é 1/X vezes mais preferível que A. Caso este axioma não exista, há o indício de que a pergunta utilizada durante o julgamento na comparação entre os pares não é clara o suficiente ou até mesmo pode estar errada e, assim, ensejar em reavaliação dos elementos da cadeia de estrutura hierárquica. O segundo axioma, *homogeneidade*, propõe que as preferências sejam representadas por meio de uma escala limitada, que para este estudo, possui o limite superior estipulado em 9, ou seja, este axioma restringe o limite superior da escala. Caso não seja viável a comparação entre os elementos utilizando-se da escala definida, significa dizer que eles não pertencem a um

grupo homogêneo. Nesta situação, tais elementos podem, ser rearranjados em grupos diferentes para serem comparados com outros elementos de mesma ordem de grandeza. O próximo axioma, conhecido como *independência*, seria o terceiro nessa relação de sentenças e assume que quando da declaração das preferências, os critérios na estrutura hierárquica devem ser independentes das propriedades das alternativas. Isso implica dizer que os pesos atribuídos aos critérios devem ser independentes das alternativas analisadas. O quarto e último axioma, designado como *expectativa*, espera que para a tomada de decisão, a proposta do modelo estrutural hierárquico esteja completo com todas as alternativas avaliáveis. Caso isto não ocorra, então os decisores não utilizarão de todos os critérios e/ou alternativas necessárias para o alcance de suas expectativas racionais e, assim, pode-se concluir que a decisão está incorreta ou, pelo menos, incompleta. Todos esses axiomas devem ser considerados pelos decisores a fim de que por meio de perguntas relevantes seja possível a comparação entre as alternativas postas.

O método **AHP** permite a quantificação da subjetividade ao fornecer pesos que expressam a importância de um elemento alocado em um determinado nível na matriz hierárquica sobre outros elementos posicionados em um nível inferior por meio do processo de comparação par a par efetuado pelos decisores [Oliveira & Martins, 2015]. Tarefa esta que se dá por meio deste segundo passo, que visa comparar as opiniões em pares, dispondo dos elementos em uma matriz de julgamento e extraindo as opiniões sobre a importância relativa desses elementos em relação ao objetivo geral.

De modo a facilitar o entendimento no que se refere a matriz de julgamento e sua definição, as fases de elaboração do padrão matemático seguem demonstrados na forma detalhada e na simplificada.

3.1.2.1 Método Detalhado de Cálculo

Adota-se de maneira didática a nomenclatura matriz A para o que seria a matriz de julgamento. Nesta matriz A de ordem n, obtém-se o quantitativo de julgamentos necessários pela equação $n(n - 1)/2$, com os elementos definidos nas seguintes condições [Schmidt, 1995]:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{21}} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{n1}} & \frac{1}{a_{n2}} & \cdots & 1 \end{bmatrix}, \text{ onde :} \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned}
a_{ij} &\Rightarrow \textit{positiva} \\
a_{ij} &= a_{ji} = 1 \\
a_{ij} \frac{1}{a_{ji}} &\Rightarrow \textit{recíproca} \\
a_{ik} &= a_{ij} \times a_{jk} \Rightarrow \textit{consistência}
\end{aligned}$$

Na matriz de julgamento, para cada elemento a_{ij} , considera-se a estimativa dada pela fração entre os elementos dispostos em linha (ordem i) e os elementos dispostos em coluna (ordem j), ou seja, $a_{ij} = \frac{W_i}{W_j}$ [Tsugue, 2009], onde W é estabelecido como sendo o vetor de pesos.

Sendo assim, a partir desses dados, obtêm-se:

$$a_{ij} = \frac{W_i}{W_j} \quad (3.2)$$

Se considerar uma linha i genérica, os elementos a ela pertencentes são representados como:

$$A_i = \left[a_{i1}; a_{i2}; \dots; a_{ij}; \dots; a_{in} \right]^T \quad (3.3)$$

Ao substituir a equação 3.2 em 3.3, encontra-se:

$$A_i = \left[\frac{W_i}{W_1}; \frac{W_i}{W_2}; \dots; \frac{W_i}{W_j}; \dots; \frac{W_i}{W_n} \right]^T \quad (3.4)$$

O vetor de pesos (W) é estabelecido da seguinte forma:

$$W = \left[W_1; W_2; \dots; W_i; \dots; W_n \right]^T \quad (3.5)$$

Ao multiplicar a matriz A_i 3.4 pelo vetor de pesos W transposto 3.5, leva-se a:

$$A_i \times W^t = \left[\frac{W_i}{W_1}; \frac{W_i}{W_2}; \dots; \frac{W_i}{W_j}; \dots; \frac{W_i}{W_n} \right]^t \times \left[W_1; W_2; \dots; W_i; \dots; W_n \right] \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned} A_i \times W^t &= \left[\frac{W_i}{W_1} \times W_1 + \frac{W_i}{W_2} \times W_2 + \dots + \frac{W_i}{W_j} \times W_j + \dots + \frac{W_i}{W_n} \times W_n \right] \\ A_i \times W^t &= \left[n \times W_i \right] \end{aligned} \quad (3.7)$$

Por meio da igualdade entre as equações 3.6 e 3.7, pode-se chegar a:

$$\left[\frac{W_i}{W_1} \times W_1 + \frac{W_i}{W_2} \times W_2 + \dots + \frac{W_i}{W_j} \times W_j + \dots + \frac{W_i}{W_n} \times W_n \right] = \left[n \times W_i \right] \quad (3.8)$$

Ao aplicar novamente a substituição da equação 3.2, agora, na equação 3.8, encontra-se:

$$\left[a_{i1} \times W_1 + a_{i2} \times W_2 + \dots + a_{ij} \times W_j + \dots + a_{in} \times W_n \right] = \left[n \times W_i \right] \quad (3.9)$$

Observa-se que na equação 3.9 o emprego do somatório consegue simplificá-la:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \times w_j = \left[n \times W_i \right] \quad (3.10)$$

Continua-se desenvolvendo o cálculo detalhado da matriz de julgamento, utilizando nela o vetor de pesos (W), obtendo, portanto, a seguinte equação:

$$A \times W = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad A \times W = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \cdots & \frac{w_1}{w_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \cdots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

Considerando a equação 3.10 para a multiplicação das matrizes na equação 3.11, mais uma vez, seu resultado permite uma simplificação da equação resultante:

$$A \times W = \begin{bmatrix} n \times w_1 \\ \vdots \\ n \times w_n \end{bmatrix} \quad A \times W = n \times \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad A \times W = n \times W \quad (3.12)$$

Ao trocar a constante n por λ na equação 3.12, obtém-se a equação 3.13, também conhecida como equação característica:

$$A \times W = \lambda \times W \quad (3.13)$$

Encontrando-se o autovetor e autovalor que satisfazem a equação característica, chega-se a sua solução. Porém, no caso de soluções não triviais, ou seja, diferentes de zero, apenas é possível encontrá-las quando a condição dada pela equação 3.14 é satisfeita:

$$\det(-\lambda \times I) = 0 \quad (3.14)$$

O resultado da equação 3.14 é um polinômio de grau n , onde suas raízes são os autovalores da equação 3.13. A partir daí, para se calcular os autovetores, basta substituir os autovalores na própria equação 3.13.

Sabe-se ainda que, na matriz A , dada pela equação 3.1, os elementos existentes seguem a regra $a_{ij} = \frac{1}{a_{ij}}$, em que os valores a_{ij} são reais positivos e os índices i e j representam, respectivamente, linha e coluna. Tais características levam a matriz A ser chamada de recíproca positiva [Carvalho & Mingot, 2005].

O melhor era que os tomadores de decisão julgassem os critérios atribuindo pesos (w_i) a cada um deles, entretanto a matriz A possui somente a razão $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$, ou seja, na prática, são os tomadores de decisão que definem os valores atribuídos a a_{ij} por meio de seus julgamentos. Isso poderá acarretar uma diferença entre os valores (a_{ij}) obtidos durante esse processo de “julgamento” e as razões $\frac{w_i}{w_j}$. Sendo assim, ao estimar os pesos (w_i), adota-se a relação [Saaty, 1991] a seguir:

Há $\lambda_i, i = 1, \dots, n$, onde a equação $Ax = \lambda_x$ é satisfeita quando x é um vetor de pesos.

Dado que a matriz A tem linhas que são linearmente dependentes, ela apresentará autovalores que são iguais a zero, havendo apenas uma única exceção, sendo essa o maior valor atribuído a λ_i . Caso a matriz A esteja bem estimada, então, presume-se que as variações pequenas nos valores a_{ij} , conservem próximo de n o maior autovalor ($\lambda_{máx}$) encontrado. Logo, é importante calcular o autovetor W de pesos que atendam a variação ($A \times W = \lambda_{máx} \times W$) da equação 3.13. Sendo assim, a ordenação por nível de importância dos atributos relacionados à matriz A será fornecida pelo autovetor W , visto que estimará os pesos reais pertencentes aos atributos em comparação. O cálculo do valor de $\lambda_{máx}$ possibilita alcançar o valor do índice de consistência (IC) por meio da seguinte equação:

$$IC = \frac{(\lambda_{máx} - n)}{n - 1} \quad (3.15)$$

Por meio da Tabela 3.2 pode-se obter os valores para o índice de consistência randômico (IR). Tal índice foi determinado por E. Forman [Forman, 1990] empregando matrizes recíprocas criadas randomicamente usando a escala $1/9, 1/8, \dots, 1, \dots, 8, 9$ e, a partir delas, calculando a média de seus autovalores.

Tabela 3.2: Valores do índice de consistência randômico (IR)

n	1	2	3	4	5	6	7	8
IR	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40
n	9	10	11	12	13	14	15	-
IR	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56	1.57	1.58	-

Fonte: [Saaty, 2000] com adaptações.

Entretanto, sabendo que as comparações realizadas pelos tomadores de decisão durante o processo de julgamento possuem caráter subjetivo, é preciso uma avaliação da proximidade entre a ordem da matriz (n) e o $\lambda_{máx}$. Essa avaliação se dará pelo cálculo da razão de consistência (**RC**), encontrado conforme a equação 3.16:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (3.16)$$

A fim de considerarmos a matriz de julgamento consistente, o valor da razão de consistência precisa ser menor que “0,10”, ou seja, ser abaixo de “10%”. De outra forma, sugere-se a revisão dos valores estimados atribuídos na matriz de julgamento durante as comparações realizadas pelos tomadores de decisão.

3.1.2.2 Método Simplificado de Cálculo

Nesta subseção apresenta-se uma alternativa mais simplificada do cálculo anteriormente exposto a fim de reduzir a complexidade e com isso facilitar o entendimento dos cálculos utilizados durante a aplicação do método **AHP**.

Remetendo ao que foi definido previamente, a matriz de julgamento será denominada de matriz A para o que se segue. O método simplificado de cálculo pode ser dividido em 3 fases.

Inicialmente, necessita-se que a matriz A seja normalizada para ser realizado o cálculo das prioridades locais e globais:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.17)$$

Para o cálculo dos valores ${}^*a_{ij}$ da matriz A normalizada, adotaremos a equação 3.18:

$${}^*a_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3.18)$$

Sendo assim, a disposição da matriz $*A$ normalizada e de ordem n seguirá conforme disposta na equação 3.19:

$$*A = \begin{bmatrix} *a_{11} & \cdots & *a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ *a_{n1} & \cdots & *a_{nn} \end{bmatrix}_n \quad (3.19)$$

Na segunda fase, contempla-se o cálculo das prioridades médias locais (PML's) que, nada mais são, do que os pesos de cada critério, subcritério e alternativa da estrutura hierárquica. Com essa finalidade, de posse da matriz $*A$ normalizada e de ordem “ n ”, aplica-se a equação 3.20 para calcular os valores das PML's.

$$PML_i = \frac{\sum_{j=1}^n *a_{ij}}{n} \quad (3.20)$$

Consequentemente, o vetor das prioridades médias locais (PML's) de tamanho “ n ” será dado pela equação 3.21:

$$PML = \begin{bmatrix} PML_1 \\ \vdots \\ PML_I \end{bmatrix}_n \quad (3.21)$$

Desta maneira, estipula-se a correlação por meio dos valores contidos no vetor PML serem correspondentes dos valores contidos no vetor peso W .

Na terceira e última fase, realiza-se o cálculo das prioridades globais, referindo-se aos pesos de cada alternativa analisada no problema a ser tratado. O cálculo se dá pela função das prioridades médias locais (PML's) dos critérios e subcritérios combinados. Sendo

assim, portanto, necessário calcular o valor da relação de consistência (RC) que precisa dos valores $\lambda_{m\acute{a}x}$ *IC* e *IR* conforme demonstrado na equação 3.16.

O cálculo do $\lambda_{m\acute{a}x}$ inicia-se pela determinação da soma ponderada de cada linha da matriz de julgamento que será baseada na soma do produto de cada valor da linha pelo valor da *PML* de sua alternativa correspondente [Marins et al., 2009].

Tomando-se b_i como sendo cada valor da soma ponderada do produto para cada valor da linha, obtêm-se:

$$b_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \times PML_j \quad (3.22)$$

Com isso, considerando o vetor B de dimensão n, este possuirá os valores a seguir:

$$B = \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_i \end{bmatrix}_n \quad (3.23)$$

Depois, divide-se os resultados pelos valores da matriz, ou seja, considerando-se c_i como sendo o resultado de cada divisão, seu valor poderá ser encontrado por meio da equação 3.24:

$$c_i = \frac{b_i}{PML_i} \quad (3.24)$$

Deste modo, o vetor C de dimensão n conterà os valores a seguir:

$$C = \begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_i \end{bmatrix}_n \quad (3.25)$$

Por fim, calcula-se o $\lambda_{m\acute{a}x}$ pela média dos resultados de cada linha:

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{\sum_{j=1}^n c_i}{n} \quad (3.26)$$

Em se tratando do cálculo da relação de consistência (RC) utilizando-se da equação 3.16, é necessário substituir o valor de $\lambda_{m\acute{a}x}$ na equação 3.15 para se obter o valor do índice de consistência (IC) enquanto que o valor do índice de consistência randômico (IR) deverá ser obtido por meio da Tabela 3.2 de índices de consistência randômico.

Realizado a descrição para fins de melhor compreensão do padrão matemático utilizado pelo método AHP relacionado a matriz de julgamento e sua definição, segue-se para a continuidade da sua aplicação objetivando o entendimento completo do processo hierárquico analítico (AHP).

O fornecimento das opiniões ocorre pela comparação de pares. A hierarquia permite focar a opinião em cada uma das várias propriedades essenciais separadamente, com o intuito de obter uma decisão mais acertada. A maneira mais eficaz de prover uma opinião centrada é tomar um par de elementos e compará-los em uma única propriedade, sem a preocupação com os demais elementos. É por isso que comparações pareadas em relação à estrutura hierárquica são tão úteis em medição de derivação. As comparações são feitas com base em padrões estabelecidos na memória por meio da experiência ou treinamento.

As perguntas a serem feitas para comparar dois critérios são as seguintes: considerando os dois critérios que estão sendo comparados, qual é considerado mais importante para a consecução do objetivo geral? Quando os elementos que estão sendo comparados estão muito mais próximos do que o indicado na escala, pode-se usar a subescala 1.1, 1.2. . . . 1.9. Se uma precisão maior ainda for necessária, pode-se usar o refinamento percentual apropriado. Na Tabela 3.3, ao invés de nomear os critérios, associe números a cada um previamente e, em seguida, realize as comparações de pares dos elementos de nível mais baixo.

Tabela 3.3: Matriz de comparação dos pares para o nível mais baixo

Critério m	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa n
Alternativa 1	1	a_{12}	a_{1n}
Alternativa 2	$\frac{1}{a_{21}}$	1	a_{2n}
Alternativa n	$\frac{1}{a_{n1}}$	$\frac{1}{a_{n2}}$	1

Em que: $a_{ij} > 0 \rightarrow$ *positiva* $a_{ij} = 1 \therefore a_{ji} = 1$ $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \rightarrow$ *recíproca*

Fonte: [Saaty, 2000] com adaptações.

3.1.3 Estabelecer as prioridades compostas ou globais

Nesse momento é realizado o cálculo das prioridades globais em função de sua importância para a consecução do objetivo geral. Para tanto, dispõem-se os critérios em relação a cada atividade em uma matriz e multiplica-se cada coluna de vetores pela prioridade do critério correspondente e soma em cada linha, resultando no vetor de ponderação dos critérios.

Por fim, em função dos dados obtidos nas etapas anteriores, elabora-se um ranking das alternativas avaliadas.

3.1.4 Análise crítica do método **AHP**

Apesar do método **AHP** nos possibilitar uma classificação das alternativas auxiliando o processo decisório, importa ressaltar, ainda, quais seriam as vantagens e desvantagens da sua aplicação e, por essa razão, estas encontram-se aqui descritas.

Conforme mencionado anteriormente, pode-se considerar uma das suas maiores vantagens, a facilidade com a qual os decisores têm de constatar a influência dos níveis mais altos sobre os níveis inferiores, isto em decorrência da estrutura hierárquica decrescente. Esta mesma estrutura, ainda, permite observar que modificações mínimas na adoção dos pesos não representam alterações significativas no resultado, desde que a estrutura construída com a aplicação do método seja boa [Schmidt, 1995].

Partindo do princípio de que a tomada de decisão está fortemente arraigada na experiência e no conhecimento dos seus decisores, o emprego do método **AHP** se torna flexível mediante as características específicas de cada caso em particular.

Por outro lado, o método também possui desvantagens, visto que existe a subjetividade da construção da matriz de preferência no que concerne à liberdade de avaliação dos decisores e, por esse motivo, a fim de que o método seja bem-sucedido é imprescindível

que um estudo cuidadoso seja conduzido para a criação da estrutura hierárquica. Além disso, considerando o grande volume de julgamentos ao se deliberar quanto a todos os pares de comparação, o método pode ser considerado, apesar de fácil aplicação, demasiadamente trabalhoso, elevando a complexidade do problema ao aumentar a necessidade de uma análise mais minuciosa da quantidade de critérios e subcritérios utilizados visando completude a estrutura hierárquica definida para o problema.

Na aplicação do método **AHP**, empregou-se a ferramenta computacional multi-objetivo de suporte à decisão *123ahp.com* [Finesa.NET, 2018]. O seu uso permitiu que o pesquisador se concentrasse na condução e análise dos resultados, pois esta encapsula a complexidade matemática envolvida no processo de utilização do método **AHP** visto que por meio da reunião realizada com os especialistas, eles de forma consensual, fizeram a comparação par a par utilizando a escala de Saaty (1, 3, 5, 7 e 9) para julgar entre os critérios e alternativas estabelecidos na estrutura hierárquica do problema, qual dos dois itens que estavam sendo comparados possuía maior importância. A ferramenta apresentou todas as matrizes de preferência e a ordenação das alternativas, da mais importante para a menos importante, segundo os pesos calculados pelo método **AHP** para cada uma delas. Ressalta-se que durante as comparações das alternativas, estas foram realizadas levando-se em consideração os critérios definidos, ou seja, comparou-se par a par as 8 alternativas para os critérios Estratégicos, Partes interessadas e Suporte, gerando desta forma uma matriz de preferência para cada critério.

Primeiramente, as matrizes de preferência obtidas precisaram ser normalizadas, seguindo-se então para o cálculo da média de cada alternativa. O próximo passo é similar ao que foi realizado anteriormente, no entanto, a comparação par a par se deu entre os critérios a fim de que se descobrisse qual a sua ordem de importância, ou seja, se normalizou a matriz de preferência dos critérios e depois calculou a média dos critérios. O resultado da aplicação do método **AHP** foi encontrado por meio da multiplicação da matriz com as médias das alternativas pela matriz com as médias dos critérios. Tal resultado ordenou as alternativas da mais importante para a menos importante, considerando, inclusive, o grau de relevância de cada critério. No entanto, o resultado encontrado só é válido se respeitar o critério de consistência. Isso significa dizer que a razão de consistência (**RC**) da matriz de preferência é inferior a 10%. Fez-se então para todas as matrizes de preferência o seu cálculo, descobrindo-se primeiro o valor Eigen principal (λ), que foi dado pela soma do produto entre cada elemento do vetor que mostra as médias entre os itens comparados e o somatório da sua respectiva coluna da matriz recíproca. Com o valor Eigen principal (λ), chegou-se ao índice de consistência (**IC**) por meio da equação $\frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$, onde n é a ordem da matriz quadrada. Conhecendo o índice de consistência (**IC**), obteve-se o valor da razão de consistência (**RC**) para todas as matrizes de preferência aplicando a equação $\frac{IC}{IR}$, sendo o

valor do índice aleatório (**IR**) fornecido pela Tabela 3.2. Como o valor do índice aleatório (**IR**) é 0 (zero) para matrizes de ordem menor que 3 (três), neste caso, não se mede a razão de consistência, o que não ocorreu durante o emprego do método **AHP**, pois todas as matrizes possuíam ordem igual ou maior do que 3 (três). Finalmente, observou-se perante todos os valores da razão de consistência (**RC**) descobertos serem inferiores a 10%, que todas as matrizes de preferência respeitaram o critério de consistência, tornando válido o resultado do método **AHP**.

Após a fase executada pelos especialistas de comparação par a par entre os critérios e alternativas, os próximos passos matemáticos foram automatizados por meio do uso da ferramenta computacional *123ahp.com* até que se chegasse ao resultado com o ranqueamento das alternativas por ordem decrescente do peso calculado para cada uma delas e, inclusive, com a verificação do critério de consistência para todas as matrizes de preferência elaboradas durante a realização do método **AHP**.

Porém, mediante o fato do método **AHP** realizar em sua análise, comparações apenas entre os critérios e alternativas adotados na composição da estrutura hierárquica, justificase a complementação da atividade de ranqueamento ou classificação das demandas por meio da aplicação do método **PROMETHEE II** em razão dele ser capaz de permitir que as comparações sejam realizadas também entre as demandas de **TI** utilizando-se dos pesos das alternativas obtidos pela aplicação do método **AHP** para os critérios definidos neste estudo.

3.2 PROMETHEE II

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enriched Evaluation) constitui uma família de métodos outranking que realizam de preferência, indiferença e incomparabilidade para a classificação (ranqueamento) de possíveis alternativas envolvidas neste processo de análise multicritério, tendo em vista a impossibilidade de se realizar comparações entre elas, e sim entre os critérios pertinentes. Assim, buscando contornar esse problema, o método **PROMETHEE** e suas variantes (de I a VI, e **PROMETHEE-Gaia**) pode ser utilizado na possibilidade de realizar classificação ou ranqueamento de diversas alternativas/ações [Tives et al., 2018].

A família **PROMETHEE** baseia-se em duas fases: a criação de uma relação de sobreclassificação de modo a agregar informações entre as alternativas e os critérios e o aproveitamento dessa relação para o apoio à tomada de decisão [Brans & Mareschal, 2002]. Ademais, esses métodos estabelecem uma relação de sobreclassificação valorada, fundamentada em conceitos interpretativos, seja de forma física ou econômica, pelos tomadores

de decisão e, portanto, clareando e facilitando uma melhor compreensão por parte dos decisores, por quantificar algo que até então era subjetivo.

O método **PROMETHEE** II exige que seja dado um peso para todos os critérios, a fim de permitir que o tomador de decisão determine a importância de cada um deles. As decisões serão tomadas mediante uma análise das alternativas em pares, onde há uma implicação direta, pois, quanto maior o desvio, maior a preferência por uma alternativa com relação à outra utilizada no processo de comparação [Ribeiro & Canedo, 2020].

Para fins de esclarecimento sobre o processo de funcionamento do método **PROMETHEE**, apresenta-se a sua conformação de avaliação:

De acordo com o que foi dito anteriormente, é necessário a definição de um peso p_i para cada critério adotado para o problema em análise, refletindo a sua importância para o decisor. Com isso, obtêm-se $\pi(a, b)$, que será o grau de sobreclassificação da alternativa “a” sobre a alternativa “b” para cada par de alternativas (a,b), podendo ser encontrado pela equação 3.27:

$$\pi(a, b) = \sum_{i=1}^n p_i F_i(a, b),$$

onde :

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \tag{3.27}$$

Tem-se $F_i(a, b)$ como sendo a função da diferença $[g_i(a) - g_i(b)]$ entre a performance das alternativas em relação a cada critério i .

Para o cenário mais simples, $F_i(a, b) = 1$, quando $g_i(a) > g_i(b)$; do contrário, $F_i(a, b) = 0$. Sendo assim, o grau de sobreclassificação $\pi(a, b)$ será composto pelo peso p_i de cada critério i para a qual a alternativa “a” possui melhor performance sobre a alternativa “b”.

Entretanto, para situações específicas envolvendo limiares de preferência ou de indiferença, ou ambos, a função $F_i(a, b)$ pode se adequar a essas especificidades a fim de contemplá-las. Para tal, $F_i(a, b)$ pode ser estabelecida em concordância com a forma pela qual a preferência do decisor aumenta conforme a diferença entre a performance das alternativas em relação a cada critério $[g_i(a) - g_i(b)]$, imputando valores entre 0 e 1. Caso a diferença de performance dada pela relação entre duas alternativas aumente, o valor atribuído a função $F_i(a, b)$ também aumentará, mas caso a performance seja igual ou inferior, o valor será zero.

O método **PROMETHEE** possui basicamente seis formas que a função $F_i(a, b)$ pode assumir. Cabe aos tomadores de decisão optarem pela forma que melhor se adéqua a cada

critério definido no modelo, desta maneira, garantindo a representação de suas preferências. A intensidade da preferência consegue ser encontrada por intermédio de critérios gerais conforme observado na Tabela 3.4:

Tabela 3.4: O método **PROMETHEE** e seus critérios gerais

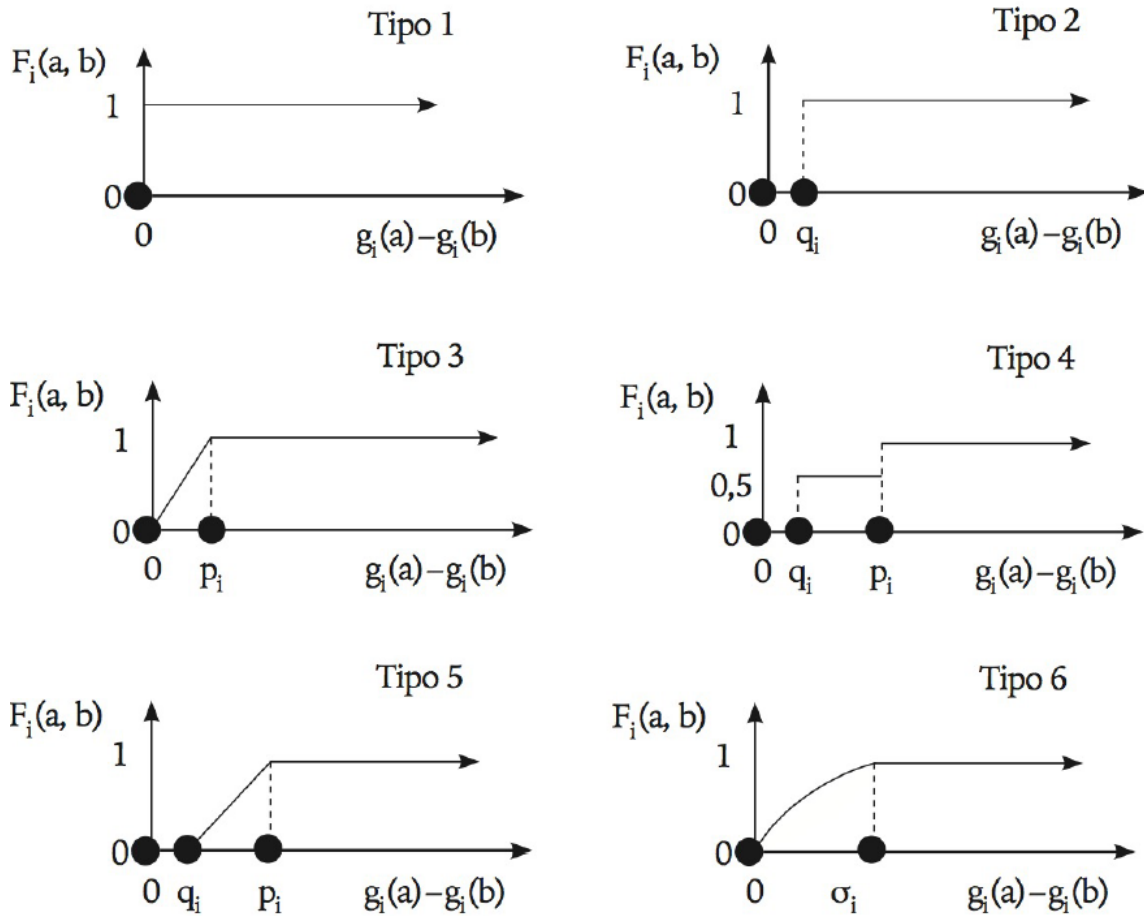
1. Critério usual: não há parâmetro a ser definido	$g_i(a) - g_i(b) > 0$ $g_i(a) - g_i(b) \leq 0$	$F(a, b) = 1$ $F(a, b) = 0$
2. Quase critério: define-se o parâmetro q	$g_i(a) - g_i(b) > q$ $g_i(a) - g_i(b) \leq q$	$F(a, b) = 1$ $F(a, b) = 0$
3. Limiar de preferência: define-se o parâmetro p	$g_i(a) - g_i(b) > p$ $g_i(a) - g_i(b) \leq p$ $g_i(a) - g_i(b) \leq 0$	$F(a, b) = 1$ $F(a, b) = \frac{g_i(a) - g_i(b)}{p}$ $F(a, b) = 0$
4. Pseudo critério: definem-se os parâmetros q e p	$g_i(a) - g_i(b) > p$ $q < g_i(a) - g_i(b) \leq p$ $g_i(a) - g_i(b) \leq q$	$F(a, b) = 1$ $F(a, b) = \frac{1}{2}$ $F(a, b) = 0$
5. Área de indiferença: definem-se os parâmetros q e p	$g_i(a) - g_i(b) > p$ $q < g_i(a) - g_i(b) \leq p$ $g_i(a) - g_i(b) \leq q$	$F(a, b) = 1$ $F(a, b) = \frac{(g_i(a) - g_i(b) - q)}{(p - q)}$ $F(a, b) = 0$
6. Critério gaussiano: o desvio-padrão deve ser fixado	$g_i(a) - g_i(b) > 0$ $g_i(a) - g_i(b) \leq 0$	A preferência aumenta segundo uma distribuição normal $F(a, b) = 0$

Fonte: [Brans & Mareschal, 2002] com adaptações.

Observando-se a Tabela 3.4, temos que o limiar de indiferença será simbolizado pela letra q , sendo o maior valor para a diferença $[g_i(a) - g_i(b)]$, porém menor do que a indiferença existente e, ainda, que o limiar de preferência será simbolizado pela letra p , sendo o menor valor para a diferença $[g_i(a) - g_i(b)]$, porém maior do que a preferência específica.

Considerando que uma conduta adotada pelos tomadores de decisão durante o processo de comparação entre os valores de a e b para o critério i corresponde a uma das formas para $F(a, b)$, a relação seria de um para um. A forma da função para os seis tipos distintos de $F_i(a, b)$ é ilustrada pela Figura 3.2.

Figura 3.2: O método PROMETHEE e a forma da função para os critérios de 1 a 6



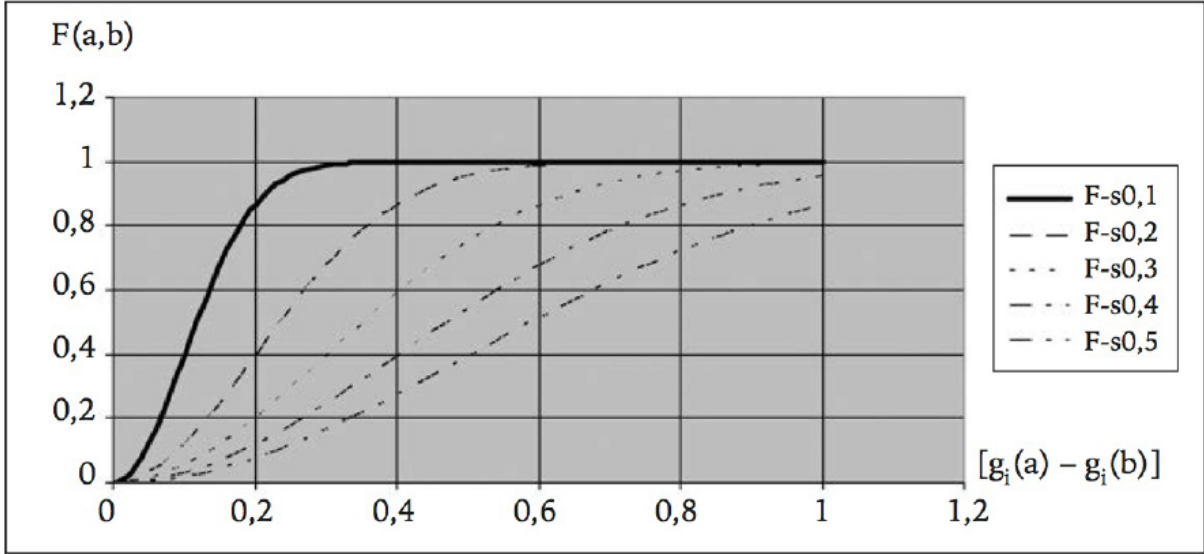
Fonte: [Brans & Mareschal, 2002] com adaptações.

O cálculo para o critério gaussiano é demonstrado pela equação 3.28:

$$F_i(a, b) = 1 - e - \left[\frac{[g_i(a) - g_i(b)]^2}{2s_i^2} \right] \quad (3.28)$$

Em que s_i equivale a um grau de preferência intermediário entre o limiar de indiferença q_i e o de preferência p_i e, ainda, é o parâmetro responsável pelo controle do achatamento da função de preferência gaussiana. Dado que os valores de s_i estejam variando entre 0, 1 a 0, 5, a Figura 3.3 apresenta algumas curvas de $F_i(a, b)$. Assumindo $s_i = [g_i(a) - g_i(b)]$, obtêm-se $F_i(a, b) = 0, 39$ [Almeida, 2013].

Figura 3.3: Curvas de $F_i(a, b)$ a partir de diferentes valores para s_i



Fonte: [Almeida, 2013].

A função $F_i(a, b)$ conseguiria ser denominada de intensidade de preferência, mas não deveria ser vista como tal no senso estrito do termo. Com esse intuito, a equação 3.29 deveria ser verdadeira [Vincke, 1992]:

$$F_i(a, b) + F_i(b, c) = F_i(a, c) \quad (3.29)$$

Observa-se então que neste caso em particular, equação 3.29, o termo “intensidade de preferência” pode ser adotado, porém, não retrata o conceito preferencial da função $F_i(a, b)$. Ainda assim, utiliza-se tal expressão frequentemente, mas deve-se levar em consideração tal ressalva, pois o PROMETHEE é um método não compensatório.

Concluída a fase de conformação de avaliação em que se estabelece a relação de sobreclassificação agregando informações entre as alternativas e os critérios, inicia-se a fase de aproveitamento dessa relação para o apoio à tomada de decisão. Nesta nova fase, dois indicadores deverão ser utilizados, sendo eles [Almeida, 2013]:

- Fluxo de sobreclassificação de saída $\phi^+(a)$ da alternativa “a”:

$$\phi^+(a) = \sum_{b \in A} \pi(a, b) \quad (3.30)$$

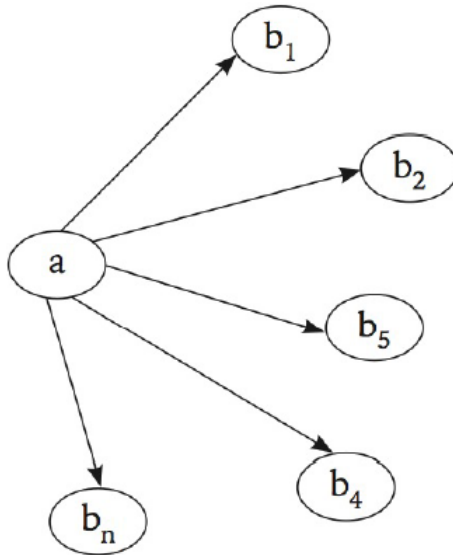
- Fluxo de sobreclassificação de entrada $\phi^-(a)$ da alternativa “a”:

$$\phi^-(a) = \sum_{b \in A} \pi(b, a) \quad (3.31)$$

Tem-se que $\phi^+(a)$, ou seja, o fluxo de sobreclassificação de saída da alternativa “a”, equivale a “intensidade de preferência” da alternativa “a” sobre todas as alternativas “b” considerando o conjunto de alternativas “A”. Sendo assim, quanto maior for o valor de $\phi^+(a)$, melhor será a alternativa.

A nomenclatura utilizada para ambos os fluxos de sobreclassificação, saída e entrada, está diretamente associada a questão da representação gráfica da estrutura de preferência, em que se possui a medida do fluxo de sobreclassificação que sai e que entra de cada alternativa. Apresenta-se por meio da Figura 3.4 a representação que esse indicador faz dos arcos de saída da alternativa “a”, dado que a componente $\pi(a, b)$ leva em consideração o somatório dos pesos para a situação mais básica em que $F_i(a, b) = 1$, onde $g_i(a) > g_i(b)$.

Figura 3.4: Fluxo de saída da alternativa

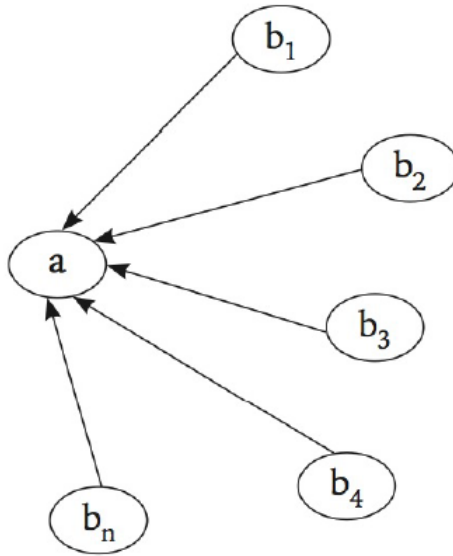


Fonte: [Almeida, 2013].

De forma análoga, quanto menor o valor de $\phi^-(a)$, melhor será a alternativa, pois o fluxo de sobreclassificação de entrada da alternativa “a” equivale a “intensidade de

preferência” da alternativa “b” sobre todas as alternativas “a” considerando o conjunto de alternativas “A”. Assim sendo, pode-se observar também com a ajuda da Figura 3.5 a representação que esse indicador faz dos arcos de entrada da alternativa “a” para as mesmas condições anteriormente utilizadas ao analisar o fluxo de saída.

Figura 3.5: Fluxo de entrada da alternativa



Fonte: [Almeida, 2013].

Brans e Mareschal (2002) [Brans & Mareschal, 2002] propuseram obter os fluxos de sobreclassificação de saída ($\phi^+(a)$) e de entrada ($\phi^-(a)$) segundo se apresentam nas equações 3.32 e 3.33:

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a, b) \quad (3.32)$$

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b, a) \quad (3.33)$$

Para essa situação, o somatório dos valores correspondente aos arcos de saída ou de entrada do grafo de sobreclassificação é dividido pelo número ($n - 1$) de alternativas comparadas com “a”. Com isso, realiza-se a normalização do indicador e, além disso, este fica independente da quantidade de alternativas no conjunto “A”, conservando-o na escala (0,1).

Há de se considerar também o fluxo de sobreclassificação líquido $\phi(a)$, obtido pela equação 3.34:

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (3.34)$$

Estando todos os fluxos normalizados, os valores do fluxo de sobreclassificação líquido permanecerão entre -1 e 1 [Almeida, 2013].

O fluxo de sobreclassificação líquido $\phi(a)$ conforme apresentado na equação 3.34 é o que constitui a base do método PROMETHEE II. É por meio desse indicador que as alternativas classificam-se em ordem decrescente, determinando por completo uma pré-ordem entre todas as alternativas, fundamentado nas relações de indiferença quando aIb se $\phi(a) = \phi(b)$ e preferência quando aPb se $\phi(a) > \phi(b)$.

Observa-se que no caso da relação de indiferença, é muito pouco provável que essa condição ocorra, levando ao fato de que o método PROMETHEE II produz uma classificação completa entre todas as alternativas definidas para o modelo em análise.

Em uma de suas vertentes, PROMETHEE I, a classificação das alternativas era apenas parcial. Enquanto que no PROMETHEE II, já era possível a realização de uma classificação completa das alternativas. Ambas as duas vertentes são da mesma família [Brans & Smet, 2016]. Desde então, a família do método PROMETHEE tem crescido através de suas evoluções e suas aplicações, diversificando-se de forma a alcançar problemas cada vez mais complexos e específicos como, por exemplo, o PROMETHEE VI que se destinou a representação do cérebro humano.

Ainda em comparação entre os dois métodos, PROMETHEE I e II, acontece que o método PROMETHEE II estabelece uma maneira de agregar as informações com certa distorção, introduzindo essa característica na concepção do método de sobreclassificação, levando assim, a uma perda de informações no que diz respeito ao método PROMETHEE I. Porém, o fato é que o método PROMETHEE II permite situações de incomparabilidade que necessitariam de uma avaliação mais detalhada e não o acobertamento recorrendo a tal artifício. Entretanto, o que acontece na prática, é a tendência de maior aplicação do método PROMETHEE II motivado por ser um instrumento mais confortável de ser manuseado e pelo fato de conseguir chegar a uma classificação completa entre todas as alternativas existentes no modelo proposto para o problema em estudo [Almeida, 2013].

Para esse trabalho, o PROMETHEE II é o que melhor se adéqua às necessidades existentes, seja pela facilidade de entendimento, permitindo uma maior transparência no processo decisório, bem como uma análise de todas as alternativas elencadas, ordenando-

as da melhor para a pior. Este método pode avaliar as alternativas utilizando múltiplos critérios, de modo que cada alternativa passará por uma análise com relação a cada um dos critérios definidos para o modelo [Soylu, 2010].

A aplicação do método **PROMETHEE II** envolveu a realização das atividades sequenciais de cálculo dos graus de preferência para comparação par a par das alternativas em relação a cada critério, seguindo para o cálculo dos fluxos unicritério e, finalmente, o cálculo dos fluxos globais a partir dos fluxos unicritérios obtidos anteriormente. O método buscou o ranqueamento das demandas de **TI** que foram selecionadas para este estudo e, portanto, estas foram as alternativas para o método durante a sua execução. Ademais, o método **PROMETHEE II** utilizou como critérios as 8 alternativas que haviam sido ordenadas de modo decrescente pelo valor dos pesos calculados com o emprego do método **AHP**. Sendo a de maior peso, a que possui maior importância e a de menor peso, a de menor importância. Ressalta-se que os pesos encontrados por meio do método **AHP** para cada uma das alternativas foi levado em consideração para fins de cálculo no uso do método **PROMETHEE II**.

Inicialmente, calculou-se o grau de preferência dos especialistas, para cada um dos 8 (oito) critérios adotados, por meio da função de preferência “usual” (Tipo 1 da Figura 3.2), a qual, foi a escolhida para a execução deste estudo. O objetivo da função de preferência é manifestar a preferência de quem está tomando a decisão durante a fase de julgamento em que os decisores efetuam as comparações par a par entre duas alternativas. Seguiu-se para o cálculo dos fluxos unicritérios, ou seja, dos fluxos positivos, negativos e líquidos. Os fluxos positivos são os fluxos de saída e recebem valores entre 0 (zero) e 1 (um) apontando o grau de preferência de uma alternativa sobre todas as outras, mas a análise nesse caso é feita no sentido horizontal quando os valores estão dispostos em uma tabela. Os fluxos negativos são os fluxos de entrada e também recebem valores entre 0 (zero) e 1 (um) assim como o de saída de maneira a representar o grau de preferência de uma alternativa sobre todas as outras, porém, a sua análise é feita no sentido vertical da tabela. Por fim, os fluxos líquidos, como já visto anteriormente, se dá pela equação 3.34. Finalmente, a partir dos valores encontrados para todos os fluxos unicritérios de cada um dos 8 (oito) critérios especificados para o método **PROMETHEE II**, realizou-se o cálculo dos fluxos globais para se mensurar o desempenho global e, para este cálculo, é que se utilizou dos pesos oriundos do resultado apresentado pelo método **AHP**. Foi por meio da ordenação dos fluxos líquidos globais que o método **PROMETHEE II** encontrou o ranqueamento das demandas de **TI**, se o método a ser utilizado nesta pesquisa tivesse sido o **PROMETHEE I**, o ranqueamento teria sido realizado a partir dos valores encontrados para os fluxos positivos e negativos globais. Entretanto, pelo fato do método **PROMETHEE II** oferecer a possibilidade do ranqueamento total, onde o estado da incomparabilidade entre duas

alternativas não existe, foi que se optou pela sua aplicação para a condução deste estudo.

Após a escolha dos especialistas da função de preferência usual a ser empregada na comparação par a par entre as alternativas, os cálculos matemáticos foram automatizados por meio do uso software Visual **PROMETHEE**, que apresentou como resultado a priorização das demandas de **TI** sem a otimização, ranqueando-as da mais relevante para a menos relevante, conforme os valores dos fluxos líquidos globais obtidos por meio do método **PROMETHEE II**.

3.3 Otimização

Processo no qual consiste em determinar as condições em que certas grandezas podem atingir seus valores mais elevados [Michaelis & Michaelis, 2022]. A fim de proceder com a otimização, utiliza-se de técnicas que buscam a seleção das melhores alternativas com o propósito de atingir determinado objetivo.

Diante de um problema onde o intuito é o de responder à pergunta “O que é melhor”, a otimização matemática é uma área da ciência computacional que determina a qualidade de uma resposta por meio da mensuração de um número [Secchi, 2004]. Atualmente, dispõem-se de ferramentas computacionais que visam auxiliar na resolução desses problemas, facilitando o encontro de suas respostas. No entanto, para se resolver um problema, primeiro é preciso formulá-lo. Para tal, tem-se que a função objetivo é uma função capaz de associar cada ponto no espaço de soluções a um número real e será este número que irá medir a qualidade de uma resposta. Caso o problema seja de minimização, a melhor resposta será dada pelo menor valor encontrado, ou seja, quanto menor o valor, melhor a resposta. Por outro lado, sendo o problema de maximização, quanto maior o valor encontrado, melhor a qualidade da resposta [Secchi, 2004].

Pode-se denominar um método de otimização chamando-o de determinístico, quando nesse for possível prever todos os seus passos a partir de um ponto de partida conhecido. Isto posto, obtém-se com o método determinístico a mesma resposta a partir do mesmo ponto de partida. Entretanto, existem os métodos chamados de estocásticos ou aleatórios, que não encontram a mesma resposta partindo-se do mesmo ponto inicial porque durante a execução desses métodos, faz-se diversas escolhas baseadas em números aleatórios por meio de sorteios. Sendo assim, visto que a cada execução, os números sorteados diferirão, o método estocástico não realizará uma mesma sequência de operações em duas execuções distintas. Isso implica em dizer que, partindo-se do mesmo ponto, cada execução do método estocástico o levará a traçar seu próprio caminho e, provavelmente, ao alcance de uma resposta final diferente [Secchi, 2004].

3.3.1 A otimização e alguns de seus métodos

A otimização consegue ser executada por meio de variados algoritmos e, ainda, diferentes procedimentos quando estes são utilizados com a simulação Monte Carlo [Mun, 2011]. Além dos algoritmos e procedimentos, precisa-se pensar também na variável de decisão, que a depender do modelo ou cenário a ser otimizado pode ser do tipo contínua [Campos, 2000], a qual assume grandezas como comprimento, área, volume, peso, tempo, proporções, porcentagens e outras, que num determinado intervalo conseguem assumir quaisquer valores, quer sejam inteiros ou fracionários (exemplo: 1,2535, 0,2215, etc.) ou, então, do tipo inteira ou discreta que são grandezas como a contagem de pessoas, a soma do número de pontos no lançamento simultâneo de três dados, o número de gols por rodada de um campeonato de futebol, e outros cenários semelhantes, que não permitem valores fracionários, denominando-se dessa maneira de variáveis discretas, ou seja, aptas apenas a variar por unidades inteiras (exemplo: 1, 25, 500, etc.) [Campos, 2000]. É possível que a variável de decisão seja, também, do tipo binária [Mun, 2011], isto é, assume os valores 1 ou 0 para as decisões de continuar ou não. Caso não se encaixe em nenhum dos tipos anteriores, essa será classificada de mista, como o próprio nome já diz, atribui-se a ela valores referentes as variáveis inteiras ou contínuas [Mun, 2011].

Com relação às otimizações, estas podem ser do tipo lineares, quando o objetivo e as restrições tratem-se de funções e equações lineares ou, otimizações não lineares, quando seus objetivos e restrições forem uma junção de funções e equações lineares e não lineares. Mas em termos de processo de otimização, as otimizações podem ser estáticas, dinâmicas ou estocásticas [Mun, 2011]. As otimizações estáticas não se utilizam do recurso de simulação, por ser executada sobre um modelo estático, ou seja, neste tipo de modelo, todas as entradas são estáticas e sem alteração. Indica-se sua aplicação para modelos que sejam supostamente conhecidos e não possuam incertezas. Por outro lado, os processos de otimização conhecidos como dinâmicos, são executados sobre um modelo que sofre variação com o passar do tempo e, sendo assim, existem mudanças em suas entradas levando ao uso do recurso de simulação como artifício para encontrar uma solução para o problema e, por essa razão, pode ser denominada também como otimização de simulação. Neste tipo de otimização, em termos práticos, executa-se previamente uma simulação, em que os resultados encontrados são aplicados no modelo. Segue-se então para a realização de uma otimização sobre os valores simulados. Desta maneira, tem-se que uma simulação será executada por N tentativas e, após concluída, a realização do processo de otimização em M iterações até que se alcance resultados ótimos, isto é, a obtenção de um conjunto inviável. Além desses, tem-se a otimização estocástica que se assemelha ao processo de otimização dinâmica, diferindo-se apenas pelo fato de repeti-lo T vezes. Assim sendo, é realizada uma simulação com N tentativas, seguida por uma otimização com M itera-

ções, em que, então, este processo é refeito por T número de vezes. Consequentemente, encontra-se um gráfico de previsão para cada variável de decisão com T valores como resposta. Descritivamente, tem-se a execução de uma simulação na qual a previsão ou as estatísticas de suposição obtidas serão utilizadas no modelo de otimização, a fim de alcançar a melhor alocação das variáveis de decisão. Parte-se para a realização de uma outra simulação, com a formação de novas estatísticas de previsão que serão empregadas em outro processo de otimização e, assim por diante, até o número T de repetições definidas antes do início de todo o processo de otimização estocástica. O resultado será o atingimento de um gráfico de previsão para cada uma das variáveis de decisão final, apontando a faixa ótima das variáveis de decisão ótimas.

Ressalta-se o procedimento de otimização de fronteira eficiente que se aplica aos conceitos de incrementos marginais e precificação sombreada na otimização [Mun, 2011]. Com a utilização desse procedimento, as restrições definidas no modelo podem ser flexibilizadas em busca de um melhor resultado. No mundo dos investimentos financeiros, esse conceito é conhecido como fronteira eficiente de Markowitz ou teoria moderna do portfólio, que visa otimizar um portfólio de ativos financeiros a fim de gerar maior lucratividade. A fronteira eficiente de Markowitz apresenta um modelo de construção de carteira que analisa os ativos financeiros com suposições de retorno, risco e correlação futuras [Kawano, 2020]. Calcula-se a partir dos dados um conjunto de possíveis alocações e, entre elas, os portfólios com retorno maximizado esperado e risco minimizado, formando o que se chama de fronteira eficiente. Sendo assim, considera o interesse e o objetivo de se conseguir o maior retorno possível dado um nível de tolerância a risco admitido.

Tal procedimento, assim como a otimização estocástica, assemelha-se com a otimização dinâmica, exceto pelo fato de que uma ou mais restrições definidas no modelo podem ser alteradas, perfazendo da realização do processo de simulação e otimização para cada mudança de valor atribuído a uma restrição. Sugere-se inclusive que a fronteira eficiente seja aplicada a uma restrição de cada vez para que os resultados obtidos possam ser melhor analisados e, assim, definido o melhor resultado ótimo.

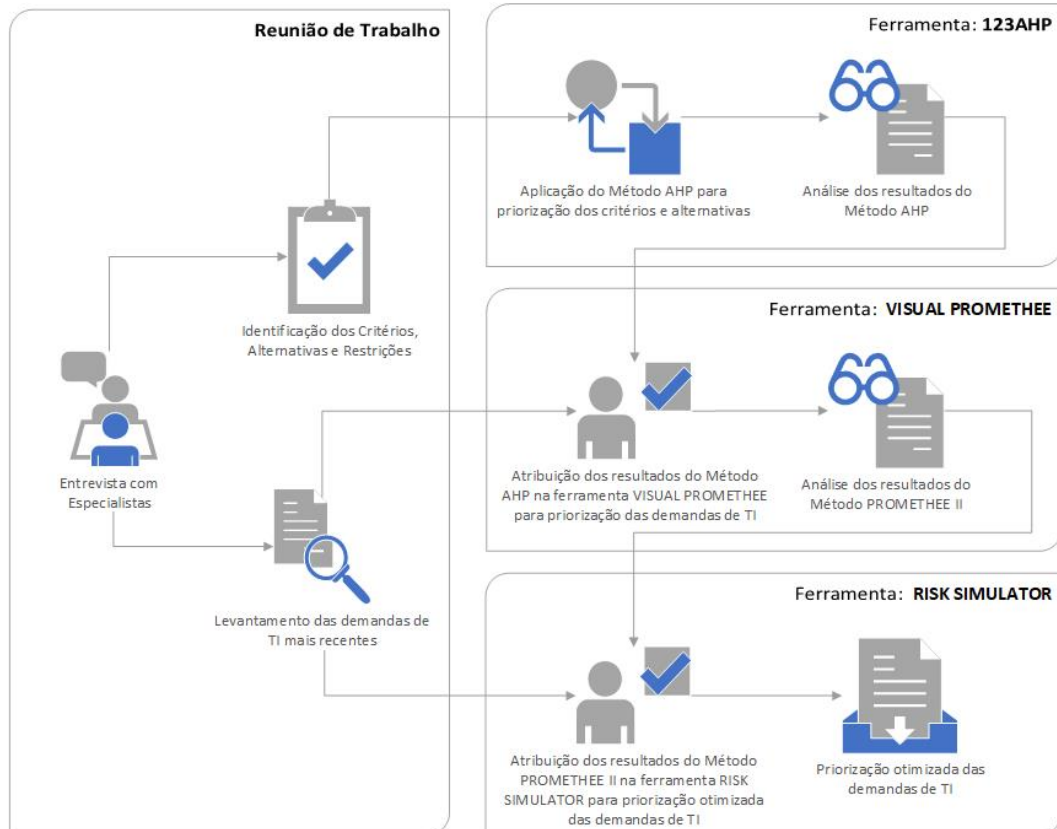
Desta maneira, obtida a ordenação das demandas de TI por meio do método PROMETHEE II, empregou-se duas vezes o método de otimização com as restrições orçamentária, recursos humanos capacitados na área de tecnologia da informação e risco do não atendimento de alguma(s) dessas demandas. Na primeira vez, o método de otimização dinâmica não se utilizou do procedimento de fronteira eficiente de Markowitz, mas na segunda vez, ela foi utilizada como uma técnica de preço sombra, visando variar o valor ótimo da função objetivo perfazendo da flexibilização da restrição orçamentária com incrementos que ocorreram desde o limite inferior até o limite superior definidos para tal restrição durante a execução do método de otimização [Wilhelm, 2016]. Em ambas as

ocasiões, aplicou-se o método de otimização dinâmica, por existir grau de incerteza em uma das restrições definidas no modelo, notadamente, na restrição de “risco do não atendimento de alguma(s) dessas demandas”. O que se buscou com a aplicação do método de otimização foi encontrar um ranqueamento das demandas de TI que leva-se em consideração as restrições estabelecidas pelos especialistas e, ainda, os critérios e alternativas estipulados no início do estudo com a etapa de reunião de trabalho. Portanto, a função objetivo do modelo de otimização é dada pelo somatório de todos os valores de “Grau Phi” e é calculado baseado nos índices “Phi”, que são oriundos da aplicação do método PROMETHEE II. Sabendo-se que o “Grau Phi” indica que quanto maior o seu valor, maior a importância daquela demanda de TI para a instituição, o método de otimização foi parametrizado para maximizar o resultado da função objetivo de modo a selecionar as demandas que fossem mais relevantes para o Ministério Público Federal.

Adotou-se para o uso do método de otimização, a ferramenta computacional Risk Simulator que funciona como suplemento ao software Excel.

De forma sucinta, a metodologia empregada neste estudo com o propósito de desenvolver um método de priorização das demandas de TI do Ministério Público Federal, pode ser vista na Figura 3.6.

Figura 3.6: Metodologia aplicada



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Sendo assim, a estratégia de pesquisa que visa o atendimento do objetivo do trabalho é um estudo de caso composto em duas etapas. Na primeira, realiza-se o levantamento dos critérios, alternativas e restrições para seleção das demandas de TI, considerando as peculiaridades das necessidades e, na segunda etapa, se utiliza dos critérios, alternativas e restrições definidos para a priorização das demandas e interpretação dos dados por meio de ferramentas computacionais para apoio à tomada de decisão.

Utilizou-se de ferramentas computacionais a fim de facilitar a aplicação dos métodos selecionados: AHP, PROMETHEE II e Otimização. Consequentemente, reduziu-se a complexidade na aplicação e explicação dos métodos e de seus resultados para a alta administração da Secretaria de Tecnologia da Informação e Comunicação em vista de serem simples, claros e objetivos.

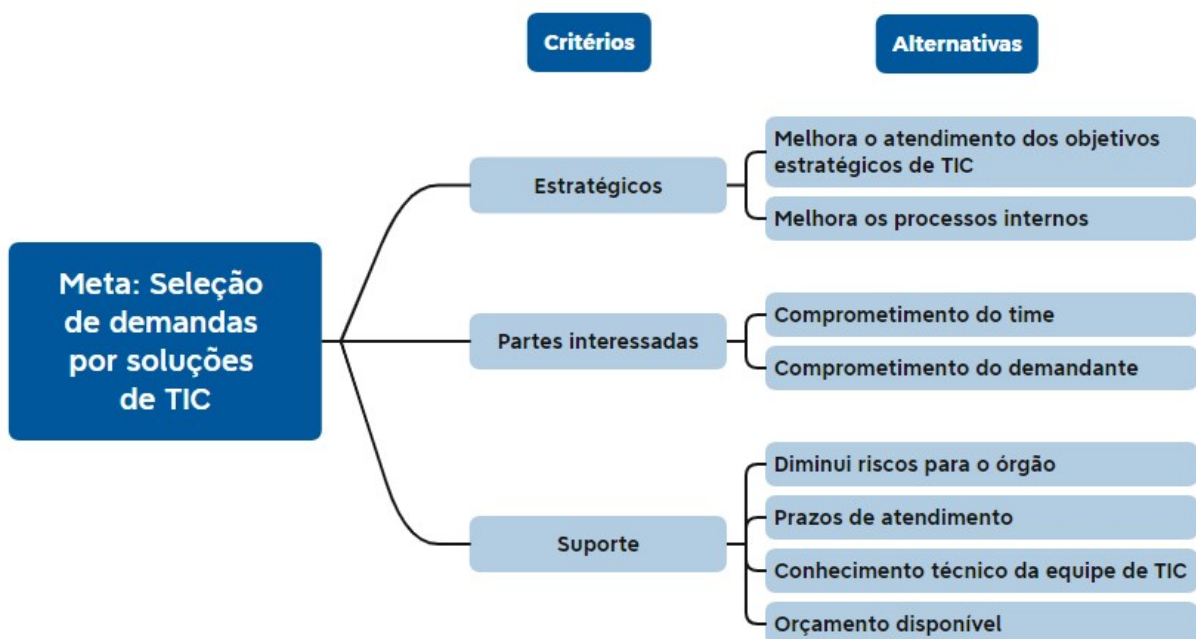
As informações coletadas nas entrevistas são apresentadas na próxima seção de análise e resultados.

Capítulo 4

Análise e Discussão dos Resultados

Como resultado da entrevista com os três especialistas obteve-se a definição de 3 critérios e 8 alternativas, Figura 4.1, que resultaram em um total de 28 combinações conforme a equação $\frac{n(n-1)}{2}$, no qual $n=8$, representa a quantidade de alternativas [Teknomo, 2006]:

Figura 4.1: Hierarquia de Critérios e Alternativas



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.1 Aplicação do Método **AHP**

Seguindo a análise com a aplicação do **AHP**, após a primeira percepção descrita pelos especialistas, foi utilizada a Escala Fundamental de Saaty [Saaty, 1990], Tabela 3.1,

para comparar, par a par, os critérios conforme Figura 4.2 que resultaram na matriz de preferências de critérios, já normalizada, Tabela 4.1.

Figura 4.2: Comparação par a par dos Critérios



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os valores em negrito na matriz da Tabela 4.1 representam o valor do julgamento real dado pelo grupo de especialistas aos critérios, e os demais valores representam os valores recíprocos, compondo desta maneira a matriz de comparação dos critérios.

Tabela 4.1: Matriz de preferência de Critérios

Preferências de critérios	Estratégicos	Partes interessadas	Suporte
Estratégicos	1	5	$\frac{1}{5}$
Partes interessadas	$\frac{1}{5}$	1	$\frac{1}{7}$
Suporte	3	7	1

IC: 0,0323 RC: 0,0622 λ : 3,0647

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Nessa matriz são apresentados também os valores de IC, RC e λ , que representam [Teknomo, 2006]:

1. **IC**: Índice de Consistência, no qual n é a quantidade de critérios da matriz, ou seja, $n=3$. Sendo assim, $IC = \frac{\lambda_{max}-n}{n-1} = \frac{3,0647-3}{2} = 0,0323$.
2. **RC**: Razão de Consistência, onde **IR** é um índice aleatório (índice de consistência para as n matrizes de linhas de comparações geradas aleatoriamente em pares), Tabela 3.2. Desta forma, $RC = \frac{IC}{IR} = \frac{0,0323}{0,52} = 0,0622$.
3. λ : Valor Eigen principal, é dado pela soma dos produtos entre cada elemento do vetor que mostra os pesos relativos entre os itens comparados e a soma das colunas da matriz recíproca. Com isso, $\lambda = \frac{21}{5}(0,279) + 13(0,0719) + \frac{31}{21}(0,6491) = 3,0647$.

Nota-se que a taxa de consistência (**RC**) é inferior a 0,1000 (10%). Isso é um indicador do nível de consistência da seleção, ou seja, as avaliações da importância relativa dos critérios (prioridades alternativas) são consideradas aceitáveis, significando que o julgamento subjetivo não precisa ser revisto num primeiro momento. Mas sempre pode-se revisar as intensidades de importância escolhidas e verificar qual alternativa é a melhor e em que medida em comparação com a seguinte [Teknomo, 2006].

Ao comparar de forma pareada, cada alternativa em relação ao critério “Estratégico”, foi obtida a matriz da Tabela 4.2, com **RC** aceitável, **RC** = 5%.

Tabela 4.2: Matriz de preferência do Critério Estratégicos

Estratégicos	Melhora o atendimento dos objetivos estratégicos de TIC	Melhora os processos internos	Comprometimento do time	Comprometimento do demandante	Diminui riscos para o órgão	Prazos de atendimento	Conhecimento técnico da equipe de TIC	Orçamento disponível
Melhora o atendimento dos objetivos estratégicos de TIC	1	1	1	1	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1
Melhora os processos internos	1	1	3	3	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
Comprometimento do time	1	$\frac{1}{3}$	1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
Comprometimento do demandante	1	$\frac{1}{3}$	1	1	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
Diminui riscos para o órgão	5	3	3	5	1	3	1	3
Prazos de atendimento	3	3	3	3	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{3}$	1
Conhecimento técnico da equipe de TIC	3	3	3	3	1	3	1	3
Orçamento disponível	1	3	3	3	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{3}$	1

IC: 0,0739 **RC**: 0,0528 λ : 8,5171

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Já quanto a comparação das alternativas em relação ao critério “Partes interessadas”, obteve-se o **RC** = 9% aceitável, Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Matriz de preferência do Critério Partes Interessadas

Partes interessadas	Melhora o atendimento dos objetivos estratégicos de TIC	Melhora os processos internos	Comprometimento do time	Comprometimento do demandante	Diminui riscos para o órgão	Prazos de atendimento	Conhecimento técnico da equipe de TIC	Orçamento disponível
Melhora o atendimento dos objetivos estratégicos de TIC	1	1	1	1	$\frac{1}{3}$	3	$\frac{1}{3}$	7
Melhora os processos internos	1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$	7	$\frac{1}{7}$	7
Comprometimento do time	1	3	1	1	1	5	1	9
Comprometimento do demandante	1	3	1	1	1	7	1	7
Diminui riscos para o órgão	3	7	1	1	1	7	1	7
Prazos de atendimento	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	1	$\frac{1}{7}$	7
Conhecimento técnico da equipe de TIC	3	7	1	1	1	7	1	9
Orçamento disponível	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{9}$	1

IC: 0,1307 RC: 0,0933 λ : 8,9148

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Por último, na comparação das alternativas em relação ao critério “Suporte”, encontrou-se o RC = 9% aceitável, Tabela 4.4.

Tabela 4.4: Matriz de preferência do Critério Suporte

Suporte	Melhora o atendimento dos objetivos estratégicos de TIC	Melhora os processos internos	Comprometimento do time	Comprometimento do demandante	Diminui riscos para o órgão	Prazos de atendimento	Conhecimento técnico da equipe de TIC	Orçamento disponível
Melhora o atendimento dos objetivos estratégicos de TIC	1	3	1	1	1	3	$\frac{1}{3}$	9
Melhora os processos internos	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$	9
Comprometimento do time	1	7	1	1	1	7	1	7
Comprometimento do demandante	1	7	1	1	1	5	1	9
Diminui riscos para o órgão	1	5	1	1	1	7	$\frac{1}{3}$	9
Prazos de atendimento	$\frac{1}{3}$	3	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$	1	$\frac{1}{7}$	1
Conhecimento técnico da equipe de TIC	3	7	1	1	3	7	1	9
Orçamento disponível	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	1	$\frac{1}{9}$	1

IC: 0,1261 RC: 0,0901 λ : 8,8830

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O teste de consistência para o desempenho geral dos três critérios foi satisfatório obedecendo ao requisito: $0,0751 \leq 0,10$.

A matriz de decisão, Tabela 4.5, mostra o peso atribuído a cada critério.

Tabela 4.5: Ranking dos pesos dos Critérios

Ranking dos critérios	Resultado
Suporte	0,6491
Estratégicos	0,279
Partes interessadas	0,0719

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Dessa forma, ao aplicar o método **AHP** para a seleção dos critérios, o que obteve o maior peso foi o “Suporte”, com mais ou menos 65%, resultado robusto, seguido pelo “Estratégicos” com aproximadamente 28% e o menor, “Partes Interessadas”, com apenas 7%, valor este considerado discrepante em relação aos demais.

Na Tabela 4.6 é mostrado o desempenho das alternativas em relação a cada critério e o desempenho global (Resultado) que corresponde ao somatório das multiplicações entre o peso de cada critério e o respectivo desempenho das alternativas naquele Critério. Assim, o critério que mais influenciou o processo de priorização diz respeito à Suporte. As alternativas com maiores impactos, ou seja, que mais influenciaram nesse processo de priorização, foram os itens “Conhecimento técnico da equipe de **TIC**”, “Diminui riscos para o órgão” e “Comprometimento do time”, respectivamente. Classificados por último estão os itens “Melhora os processos internos” e “Orçamento disponível”, pertencentes aos critérios Estratégicos e Suporte.

Tabela 4.6: Ranking dos pesos das alternativas por Critérios













Ranking das alternativas	Estratégicos	Partes interessadas	Suporte	Resultado
Conhecimento técnico da equipe de TIC	0,0657	0,0162	0,1628	0,2447
Diminui riscos para o órgão	0,073	0,016	0,1022	0,1912
Comprometimento do time	0,0145	0,0115	0,1181	0,1441
Comprometimento do demandante	0,0134	0,0118	0,1151	0,1403
Melhora o atendimento dos objetivos estratégicos de TIC	0,0178	0,007	0,0842	0,109
Prazos de atendimento	0,038	0,0025	0,0258	0,0664
Melhora os processos internos	0,0228	0,0057	0,0285	0,057
Orçamento disponível	0,0338	0,0012	0,0123	0,0473

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.2 Aplicação do Método **PROMETHEE II**

Após o cálculo do desempenho global, utilizando-se da simulação no software Visual **PROMETHEE** [Mareschal & Brans, 1988], obteve-se o ordenamento prioritário das demandas de **TI** sem otimização em condições de serem analisadas pelo administrador maior, responsável pela gestão nacional da tecnologia da informação na instituição pública. A Figura 4.3 apresenta o ranqueamento de 1 a 12, na coluna Rank, com seus respectivos acrônimos para as demandas que estão sendo ordenadas na coluna action. A demanda “Segurança” visa a gestão da continuidade dos serviços de **TI**, “**LGPD**” possui foco no desenvolvimento de soluções segundo à lei geral de proteção de dados brasileira, “**Zoom**” cogita utilizar da plataforma de videoconferência para a central nacional de atendimento, “**eSocial**” objetiva adequar o sistema de gestão de pessoas às exigências legislativas do governo federal, “Teletrabalho” vem deixar o sistema de teletrabalho conforme às novas diretrizes institucionais, “Competência” promove a avaliação por competências anual de 2022 e atualização do sistema de competências, “Serviços de **TI**” também visa a gestão da continuidade dos serviços de **TI**, “**SAC**” busca o aprimoramento do sistema de atendimento ao cidadão, “Sistema de Busca” intenta evoluir o portal de auditoria interna, “Saúde” provê camada de integração para o aplicativo do plano de saúde do **MPF**, “**SCI**” almeja melhorar o sistema de cooperação internacional e “**BI**” dispõe-se a elaborar um conjunto de relatórios gerenciais. Esse ranqueamento é dado pelos valores dos fluxos (Φ) existentes na coluna de próprio nome “Phi”, estes são calculados pela diferença entre os fluxos positivos ($\Phi+$) e os fluxos negativos ($\Phi-$). Os fluxos positivos ($\Phi+$) demonstram o quanto uma demanda é superior sobre as outras e os fluxos negativos ($\Phi-$), ao contrário, demonstra o quanto uma demanda é inferior as demais. Sendo assim, as demandas que possuem um fluxo (Φ) maior como resultado, serão priorizadas em relação as outras demandas [Laurindo & Loures, 2019].

Figura 4.3: Classificação das Demandas de TI Priorizadas

Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Segurança		0,6132	0,6918	0,0786
2	LGPD		0,5123	0,5640	0,0517
3	Zoom		0,3875	0,5092	0,1217
4	eSocial		0,3770	0,4693	0,0923
5	Teletrabalho		0,1199	0,4127	0,2927
6	Competência		0,0448	0,2671	0,2224
7	Serviços de TI		-0,0818	0,1954	0,2772
7	SAC		-0,0818	0,1954	0,2772
9	Sistema de Busca		-0,2741	0,1145	0,3886
10	Saúde		-0,3582	0,0830	0,4411
10	SCI		-0,3582	0,0830	0,4411
12	BI		-0,9007	0,0000	0,9007

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O software Visual PROMETHEE ainda disponibiliza a opção de visualização das Demandas de TI priorizadas no Plano GAIA, que demonstra dinamicamente e interativamente os dados do método PROMETHEE II, conforme se verifica na Figura 4.4. O Plano Gaia é a ferramenta visual deste método que auxilia na visualização dos resultados encontrados e possibilita uma análise pormenorizada dos resultados obtidos de maneira a apoiar a tomada de decisão. Ressalta-se que Plano GAIA é baseado no método matemático Principal Components Analysis com o intuito de diminuir o número de dimensões a duas, visto que cada um dos critérios adotados nesse estudo é considerado uma dimensão durante a análise dos dados, conseguindo dessa forma a minimização da perda de informações.

Figura 4.4: Plano GAIA - Demandas de TI Priorizadas

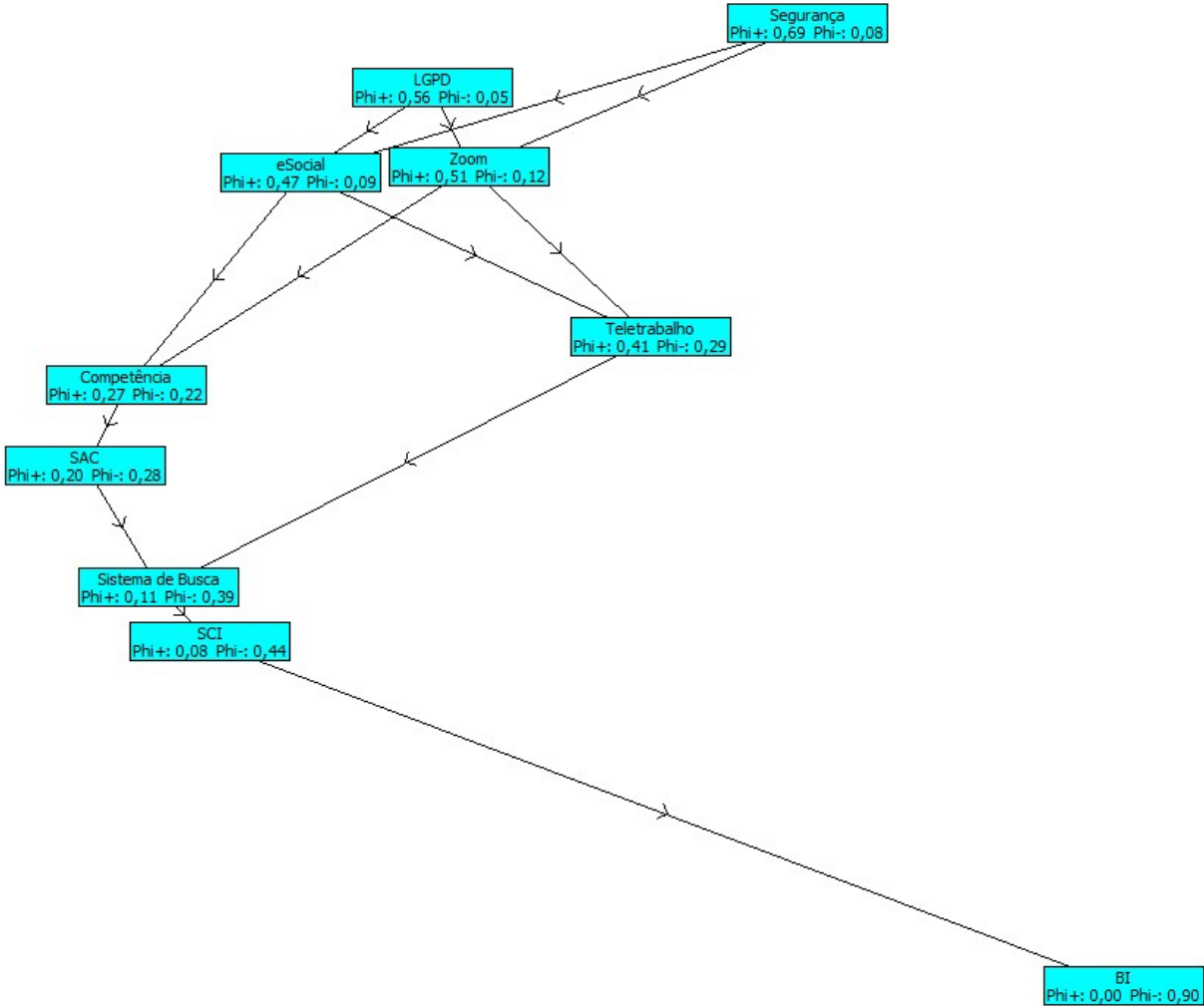


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O gráfico do plano de GAIA apresenta uma perda de 19,6% da informação (qualidade 80,4%), correspondente ao plano UV, responsável por prover, dentro das possibilidades, uma quantidade maior de informação em um plano de duas dimensões. As demandas de TI estão representadas como quadrados e os critérios como eixos. O eixo de decisão se apresenta com destaque por ser mais espesso e está relacionado ao peso dos critérios e ao ranqueamento. O ordenamento das demandas de TI é oriundo das avaliações realizadas dado o conjunto de critérios selecionados para o estudo, de modo que as que obtiverem resultados semelhantes estarão próximas entre si. Deve-se levar em consideração na análise do plano GAIA a orientação dos eixos dos critérios, pois estes apontam o quão correlacionados eles se encontram. Sendo assim, neste trabalho, o critério “Conhecimento técnico da equipe de TIC” (acrônimo Técnico) aparece com uma forte correlação com os critérios “Diminui riscos para o órgão” (acrônimo Risco) e “Melhora o atendimento dos objetivos estratégicos de TIC” (acrônimo Atendimento OE), sendo tal resultado de muito bom senso, em vistas de uma equipe técnica bem formada e capacitada ser um fator

que contribui demasiadamente para a redução de riscos que poderiam levar ao insucesso no atendimento as demandas de **TI** que, por sua vez, implicam no alcance dos objetivos estratégicos de **TIC**. Seguindo nessa mesma linha de raciocínio, os eixos em orientações divergentes mostram os critérios com grau de correlação baixo ou até discordantes, como é o caso dos critérios “Comprometimento do demandante” (acrônimo Demandante) e “Prazos de atendimento” (acrônimo Prazo).

Figura 4.5: Visão em rede da priorização das Demandas de **TI**



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Demonstra-se pela Figura 4.5 uma outra visão diferenciada, representada por um gráfico de rede que, claramente, exhibe a classificação priorizada por meio de nós e setas em que estes, respectivamente, dizem respeito as demandas de **TI** e preferências interligadas por meio de uma sequência de suas relevâncias perante as demais. Ademais, pode ser observado o fato das demandas “Serviços de **TI**” e “Saúde” não estarem presentes no referido gráfico de visão de rede, pois elas possuem os mesmos valores para fluxo (Phi),

fluxo positivo (Phi+) e fluxo negativo (Phi-) que as demandas “SAC” e “SCI”, sendo, portanto, sobrepostas por estas.

Com a priorização sem otimização das demandas como um dos resultados deste estudo, os tomadores de decisão terão condições de realizar uma análise para o deferimento ou não na continuidade para a próxima fase do método proposto, a qual seria a aplicação do método de otimização, em que se obtém por intermédio de sua utilização, um ranqueamento definitivo de demandas de TI prioritárias otimizadas. Após realizada a avaliação por parte dos decisores, estes aprovaram o resultado obtido com a aplicação do método PROMETHEE II.

4.3 Aplicação do Método de Otimização

Em razão da aprovação dos resultados alcançados com o método PROMETHEE II, deu-se seguimento para o emprego do método de otimização. Sendo assim, construiu-se em planilha Excel para a utilização da ferramenta Risk Simulator o modelo de otimização fazendo uso das 3 restrições definidas anteriormente (orçamento, recursos humanos capacitados na área de tecnologia da informação e risco do não atendimento a alguma(s) demanda(s)).

O modelo é composto, para cada demanda de TI selecionada para esse estudo, dos valores “Phi”, “Grau Phi”, “Custo”, “Equipe (n.º integrantes)”, “Risco %” e “Seleção”. O valor “Phi”, como dito anteriormente, foi o valor calculado e utilizado pelo método PROMETHEE II para o ranqueamento das demandas mais prioritárias, onde quanto maior o valor de “Phi”, maior a prioridade da demanda de TI. O “Grau Phi” é o valor calculado que equivale à relação de valores entre os índices “Phi”, ou seja, quão superior ou inferior é um valor Phi com relação a outro. O “Custo” é oriundo da previsão de gastos para o atendimento da demanda, assim como “Equipe (n.º integrantes)” é o quantitativo de pessoas a serem alocadas na equipe responsável pela demanda de TI. Por fim, tem-se o “Risco %” do não atendimento da demanda para a instituição e “Seleção” como um valor binário (1 ou 0) que irá equivaler-se ao deferimento (1) ou não (0) do seu atendimento. Ressalta-se que para a determinação do “Risco %” durante a análise de viabilidade do acolhimento à demanda de TI, utiliza-se na instituição das seguintes tabelas como referências: probabilidade, impacto, nível do risco e matriz probabilidade x impacto.

A Tabela 4.7 baseia-se na frequência com a qual tal evento poderia vir a ocorrer.

Tabela 4.7: Tabela de Probabilidade

Probabilidade	Descrição	Ocorrência	Nível
Muito Alta	Evento repetitivo e constante	maior que 20	10
Alta	Evento usual, com histórico de ocorrência amplamente conhecido	maior que 15 até 20	8
Média	Evento esperado, de frequência reduzida, e com histórico de ocorrência parcialmente conhecido	maior que 10 até 15	5
Baixa	Evento casual e inesperado, sem histórico de ocorrência	maior que 5 até 10	2
Muito Baixa	Evento extraordinário, sem histórico de ocorrência	até 5	1

Fonte: Extraído do sistema de governança do MPF (2022).

A Tabela 4.8 traz uma classificação definida de acordo com o prejuízo acarretado aos objetivos estratégicos da instituição.

Tabela 4.8: Tabela de Impacto

Nome	Descrição	Nível
Muito Alto	Impacto significativo nos objetos estratégicos, com possibilidade remota de recuperação	10
Alto	Impacto significativo nos objetos estratégicos, com possibilidade de recuperação	8
Médio	Impacto mediano nos objetivos estratégicos, com possibilidade de recuperação	5
Baixo	Impacto mínimo nos objetivos estratégicos	2
Muito Baixo	Impacto insignificante nos objetivos estratégicos	1

Fonte: Extraído do sistema de governança do MPF (2022).

Quanto a categorização do risco, esta se apresenta na Tabela 4.9 com um indicativo da condução a ser tomada mediante o nível do risco encontrado.

Tabela 4.9: Tabela de Nível do Risco

Nível do Risco	Descrição	Resposta
Extremo	Indica um nível de risco absolutamente inaceitável, muito além do apetite a risco do CNMP	Qualquer risco encontrado nessa área deve ter uma resposta imediata, ou seja, no prazo máximo de 3 meses. O monitoramento será feito no Subcomitê Estratégico de Gestão de Riscos. Admite-se postergar o tratamento somente mediante parecer do gestor de riscos e aprovação do Subcomitê
Alto	Indica um nível de risco inaceitável, além do apetite a risco do CNMP	Qualquer risco encontrado nessa área deve ter uma resposta em um intervalo de tempo máximo de 6 meses. O monitoramento será feito nas Reuniões de Acompanhamentos Táticos (RATs). Admite-se postergar o tratamento somente mediante parecer do gestor de riscos e aprovação do Secretário-Geral
Médio	Indica um nível de risco inaceitável, mas o tratamento não precisa ser imediato	O gestor de riscos da unidade deve adotar medidas de tratamento no decorrer do ciclo. O monitoramento será feito nas Reuniões de Acompanhamentos Operacionais (RAOs)
Baixo	Indica um nível de risco muito baixo, em que há possíveis oportunidades de maior retorno que podem ser exploradas	Explorar as oportunidades se determinado pelo gestor de riscos

Fonte: Extraído do sistema de governança do MPF (2022).

A Tabela 4.10 remete a matriz probabilidade x impacto e ao risco % que representa a combinação de determinada probabilidade da ocorrência de um evento ao seu respectivo impacto sobre os objetivos estratégicos da instituição.

Tabela 4.10: Matriz Probabilidade X Impacto

Probabilidade	Impacto	Nível do Risco	Risco %
Muito Alta	Muito Alto	Extremo	100%
Alta	Muito Alto	Extremo	80%
Muito Alta	Alto	Extremo	80%
Alta	Alto	Extremo	64%
Média	Muito Alto	Extremo	60%
Muito Alta	Médio	Extremo	60%
Alta	Médio	Alto	48%
Média	Alto	Alto	48%
Muito Alta	Baixo	Alto	40%
Baixa	Muito Alto	Alto	40%
Média	Médio	Alto	36%
Baixa	Alto	Alto	32%
Alta	Baixo	Alto	32%
Baixa	Médio	Médio	24%
Média	Baixo	Médio	24%
Muito Alta	Muito Baixo	Médio	20%
Muito Baixa	Muito Alto	Médio	20%
Alta	Muito Baixo	Médio	16%
Baixa	Baixo	Médio	16%
Muito Baixa	Alto	Médio	16%
Muito Baixa	Médio	Médio	12%
Média	Muito Baixo	Médio	12%
Baixa	Muito Baixo	Baixo	8%
Muito Baixa	Baixo	Baixo	8%
Muito Baixa	Muito Baixo	Baixo	4%

Fonte: Extraído do sistema de governança do MPF (2022).

Discriminada todas as informações que compõem o modelo de otimização, a Tabela 4.11 apresenta os valores obtidos para cada demanda de TI selecionada para essa pesquisa. Observa-se que o total do risco percentual é dado por uma média simples, ou seja, a divisão do somatório dos riscos percentuais pelo número de demandas de TI. Além disso, determinou-se que a função objetivo a ser maximizada em busca de um conjunto de demandas prioritárias otimizadas, será dado pelo somatório do “Grau Phi”, representando dessa forma o maior valor possível equivalente aos valores “Phi” encontrados por meio da priorização obtida pelo método PROMETHEE II, respeitando ainda a um cenário para fins de aplicação do método proposto, em que definiu-se a restrição orçamentária até R\$800.000,00, o número total de recursos capacitados em tecnologia da informação não ultrapassando 26 pessoas e o risco percentual médio do portfólio de demandas a serem atendidas limitado a 40%, optou-se pelo valor máximo do total do risco percentual, por pretender atender prioritariamente as que possuem maior risco para a instituição caso não sejam acolhidas pela STIC para a sua realização. A coluna “Seleção”, binária, exibirá um (1) para todas as demandas de TI antes da execução do método de otimização.

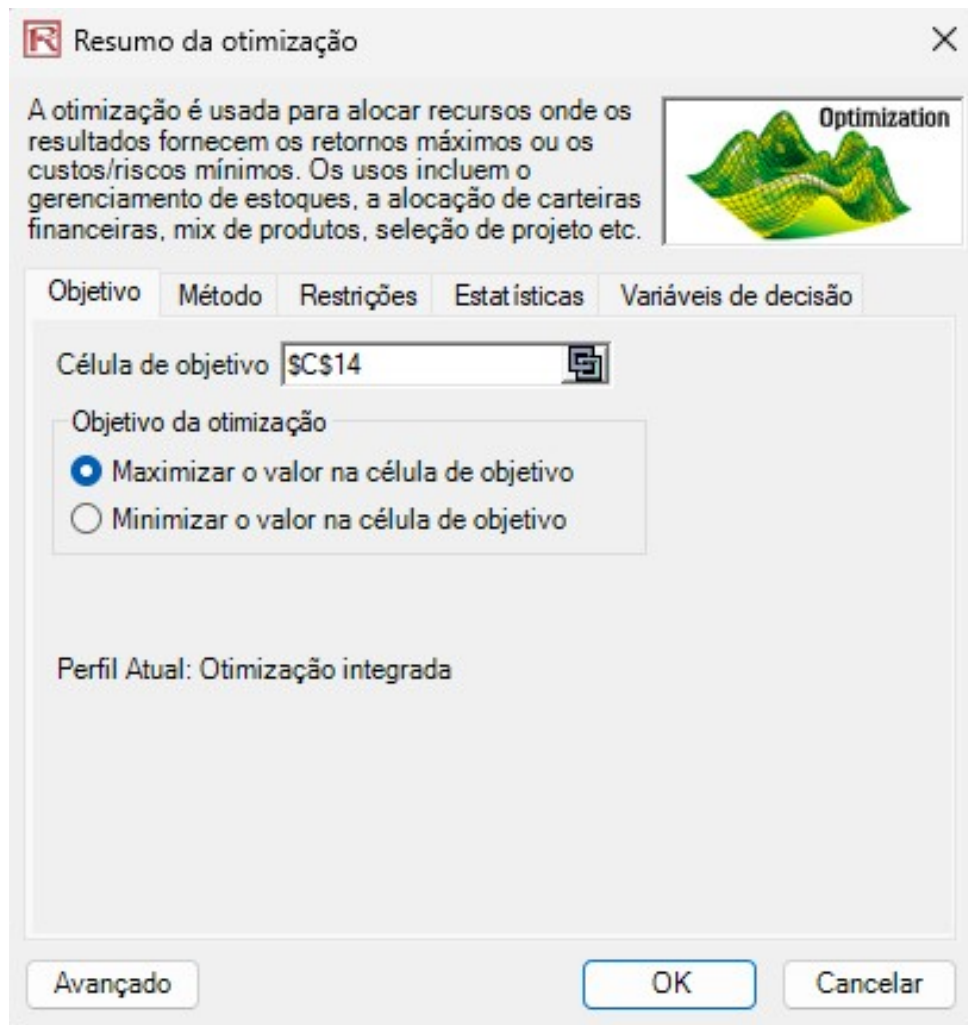
Tabela 4.11: Modelo de otimização considerando as restrições definidas

	A	B	C	D	E	F	G
1	Demandas de TI	Phi	Grau Phi	Custo	Equipe (nº integrantes)	Risco %	Seleção
2	Segurança	0,6132	0,0168	R\$ 15.105,51	4	32,00%	1,0000
3	LGPD	0,5123	0,0157	R\$ 167.818,56	6	80,00%	1,0000
4	Zoom	0,3875	0,0143	R\$ 104.257,60	3	60,00%	1,0000
5	eSocial	0,3770	0,0142	R\$ 6.840,89	2	100,00%	1,0000
6	Teletrabalho	0,1199	0,0113	R\$ 269.309,99	4	48,00%	1,0000
7	Competência	0,0448	0,0105	R\$ 324.726,39	2	24,00%	1,0000
8	Serviços de TI	-0,0818	0,0091	R\$ 50.843,20	4	32,00%	1,0000
9	SAC	-0,0818	0,0091	R\$ 458.879,48	5	40,00%	1,0000
10	Sistema de Busca	-0,2741	0,0070	R\$ 65.797,51	2	8,00%	1,0000
11	Saúde	-0,3582	0,0060	R\$ 350.882,18	2	36,00%	1,0000
12	SCI	-0,3582	0,0060	R\$ 134.236,06	3	12,00%	1,0000
13	BI	-0,9007	0,0000	R\$ 246.518,56	3	8,00%	1,0000
14	Total	-0,0001	0,1200	R\$ 2.195.215,93	40	40,00%	12,0000
15	Meta		Maximizar	≤ R\$ 800.000,00	≤ 26	≤ 40,00%	

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Ao executar o método de otimização, uma janela contendo o resumo completo do que ficou estabelecido para a realização do método de otimização é apresentada, inicialmente com o foco na função objetivo ao demonstrar a célula que a contém e a escolha da opção de maximização do seu valor como pode-se ver na Figura 4.6. Ressalta-se que a função objetivo é dada pela equação do excel “SOMARPRODUTO(C2:C13;G2:G13)” que produz o somatório do produto dos valores da coluna “Grau Phi” pelos valores da coluna “Seleção”.

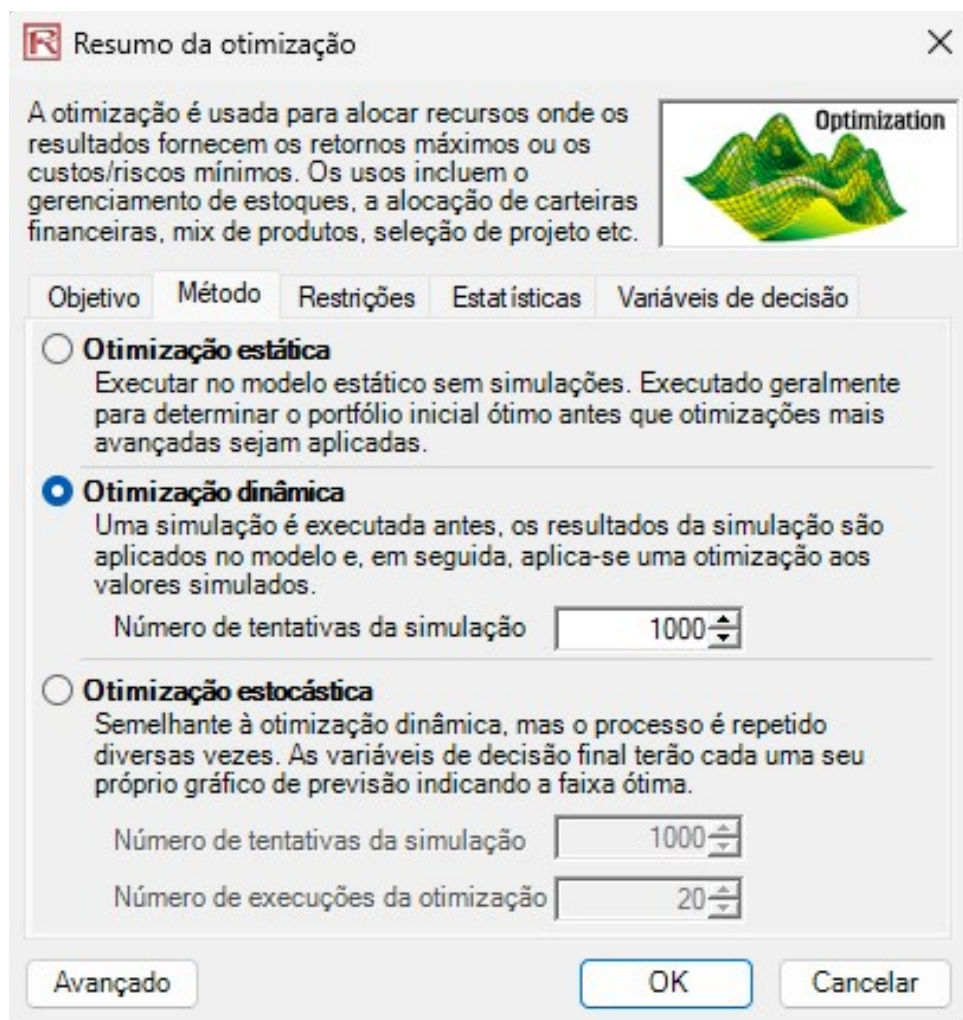
Figura 4.6: Resumo da otimização: função objetivo



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Ao navegar-se sequencialmente pelas abas existentes na janela de resumo da otimização, tem-se a Figura 4.7 que exhibe o método de otimização a ser utilizado, sendo esse, a otimização dinâmica com o emprego do recurso de simulações limitado a mil (1000) tentativas.

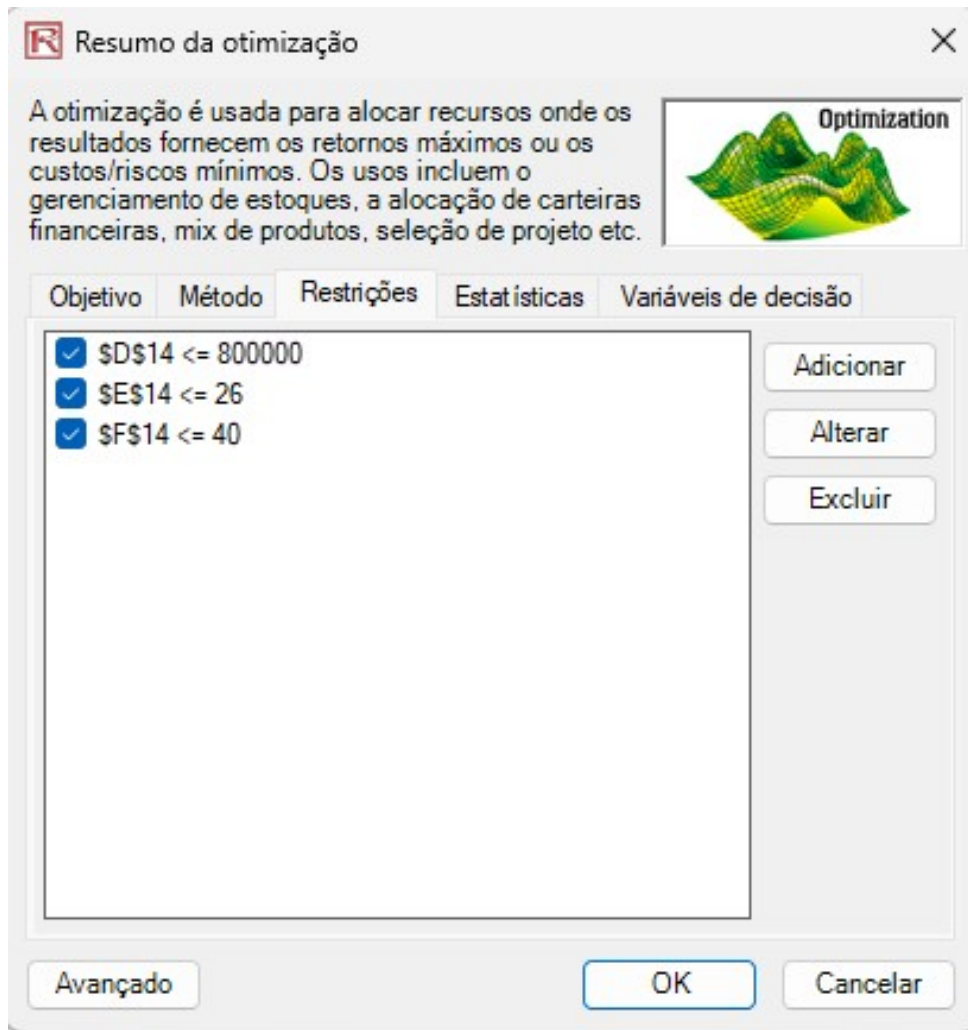
Figura 4.7: Resumo da otimização: método



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A próxima aba demonstra as restrições do cenário definido. Salienta-se que a restrição orçamentária e a de recursos humanos capacitados na área de TI foram calculadas pelas respectivas equações do excel “SOMARPRODUTO(D2:D13;G2:G13)” e “SOMARPRODUTO(E2:E13;G2:G13)”, em que na primeira realiza o somatório do produto dos valores da coluna “Custo” pelos valores da coluna “Seleção” e na segunda o somatório do produto dos valores da coluna “Equipe (nº integrantes)” pelos valores da coluna “Seleção”. No que tange a restrição de risco do não atendimento a alguma(s) demanda(s), o seu valor é encontrado pela equação do excel “SOMARPRODUTO(F2:F13;G2:G13)/CONT.NÚM(F2:F13)” que calcula o somatório do produto dos valores da coluna “Risco %” pelos valores da coluna “Seleção” e depois divide pelo total de demandas de TI existentes no modelo. Todas as restrições estão limitadas aos valores definidos e apresentados na Figura 4.8.

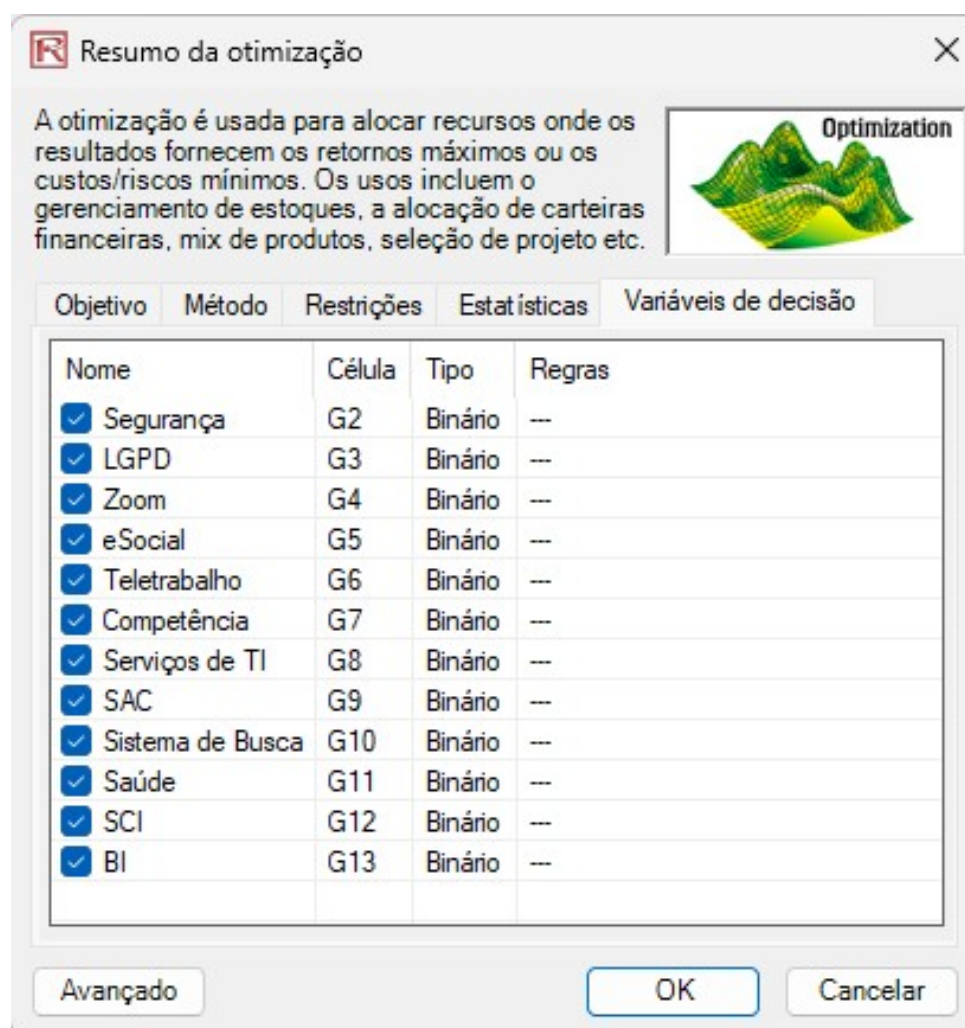
Figura 4.8: Resumo da otimização: restrições



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A coluna “Seleção”, binária, contém as variáveis de decisão que mostram o valor um (1) para as demandas que foram priorizadas dentro dos parâmetros de restrições estipulados e zero (0) para as não priorizadas. Todas as variáveis de decisão definidas no modelo de otimização sugerido se encontram na Figura 4.9.

Figura 4.9: Resumo da otimização: variáveis de decisão



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Após a conclusão do método de otimização, obteve-se como resultado a priorização das demandas de “Segurança”, “LGPD”, “Zoom”, “eSocial”, “Teletrabalho”, “Serviços de TI” e “Sistema de Busca”, compondo assim um portfólio de 7 (valor apresentado na célula G14 dado pela equação SOMA(G2:G13)) demandas de TI que totalizaram um orçamento de R\$679.973,26, necessitando da alocação de 25 pessoas de tecnologia da informação a serem distribuídas entre as equipes de acordo com o requerido por cada demanda priorizada e, por fim, alcançando um risco percentual médio de 30%. A Tabela 4.12 traz as demandas de TI priorizadas e os respectivos valores encontrados após a execução do método de otimização.

Tabela 4.12: Priorização otimizada das demandas de TI

	A	B	C	D	E	F	G
1	Demandas de TI	Phi	Grau Phi	Custo	Equipe (nº integrantes)	Risco %	Seleção
2	Segurança	0,6132	0,0168	R\$ 15.105,51	4	32,00%	1,0000
3	LGPLD	0,5123	0,0157	R\$ 167.818,56	6	80,00%	1,0000
4	Zoom	0,3875	0,0143	R\$ 104.257,60	3	60,00%	1,0000
5	eSocial	0,3770	0,0142	R\$ 6.840,89	2	100,00%	1,0000
6	Teletrabalho	0,1199	0,0113	R\$ 269.309,99	4	48,00%	1,0000
7	Competência	0,0448	0,0105	R\$ 324.726,39	2	24,00%	0,0000
8	Serviços de TI	-0,0818	0,0091	R\$ 50.843,20	4	32,00%	1,0000
9	SAC	-0,0818	0,0091	R\$ 458.879,48	5	40,00%	0,0000
10	Sistema de Busca	-0,2741	0,0070	R\$ 65.797,51	2	8,00%	1,0000
11	Saúde	-0,3582	0,0060	R\$ 350.882,18	2	36,00%	0,0000
12	SCI	-0,3582	0,0060	R\$ 134.236,06	3	12,00%	0,0000
13	BI	-0,9007	0,0000	R\$ 246.518,56	3	8,00%	0,0000
14	Total	1,6540	0,0884	R\$ 679.973.26	25	30,00%	7,0000
15	Meta		Maximizar	≤ R\$ 800.000,00	≤ 26	≤ 40,00%	

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Ao realizar um comparativo com o resultado encontrado com a priorização sem otimização dada pela aplicação do método PROMETHEE 2 e a priorização otimizada, para os parâmetros definidos dentro das restrições estabelecidas, considerando um total de 7 demandas de TI a serem atendidas pela Secretaria de Tecnologia da Informação e Comunicação, apenas as demandas “Competência” e “SAC” foram despriorizadas, sendo essas substituídas pelas demandas “Serviços de TI” e “Sistema de Busca”. Portanto, indica-se que o método de otimização com o uso das restrições especificadas para o modelo e os valores arbitrados no cenário sugerido, pôde aumentar o valor agregado do processo de priorização anteriormente utilizado na pesquisa, tornando o resultado ainda mais eficiente e eficaz, por evitar que duas demandas fossem escolhidas erroneamente, dentre as 7 selecionadas para o contexto criado. Ademais, não relacionou as 5 menos prioritárias por não atenderem as restrições impostas. Tal resultado corrobora ainda mais com a realidade encontrada nas áreas responsáveis pela tecnologia da informação dentro das organizações, pois muitas vezes, essas estão impossibilitadas de acatar simultaneamente todas as demandas recebidas em decorrência da escassez de algum recurso, ou seja, por restrições

que as limitam de alguma forma.

Buscando oportunizar uma melhora ainda maior na eficiência e eficácia dos serviços prestados pela STIC, decidiu-se por aplicar o procedimento de fronteira eficiente no modelo proposto, flexibilizando a restrição orçamentária de forma que essa pudesse variar entre R\$650.000,00 e R\$900.000,00 com incremento estipulado em R\$50.000,00. A parametrização referente a aplicação da fronteira eficiente, assim como as limitações impostas às restrições definidas neste estudo, são apresentadas na Figura 4.10. Esse modo de utilizar a fronteira eficiente é conhecida como técnica preço sombra. Novamente, todas as restrições tiveram seus cálculos feitos utilizando-se da equação excel “SOMARPRODUTO”, do mesmo modo como foi realizado anteriormente na aplicação do método de otimização sem fronteira eficiente.

Figura 4.10: Fronteira eficiente: restrição orçamentária

The image shows a dialog box titled "Fronteira eficiente" with a close button (X) in the top right corner. It is divided into three main sections:

- Restrições atuais:** A list of three constraints, each with a checked checkbox:
 - $\$D\$14 \leq 800000$
 - $\$E\$14 \leq 26$
 - $\$F\$14 \leq 40$A button labeled "Adicionar" is to the right of this list.
- Parâmetros:** A section with three input fields:
 - MÍN: 350000
 - MÁX: 900000
 - TAMANHO DO INCREMENTO: 50000
- Alterando restrições:** A list of one updated constraint with a checked checkbox:
 - $\$D\$14 \leq \text{MIN } 650000, \text{ MAX } 900000, \text{ STEP } 50000$

On the right side of the dialog, there are four buttons: "Alterar", "Excluir", "OK", and "Cancelar".

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Realizando-se a execução do método de otimização com a alteração da restrição orçamentária por meio da utilização do procedimento de fronteira eficiente (técnica preço sombra), obteve-se os resultados de priorização otimizada descritos na Tabela 4.13.

Tabela 4.13: Priorizações otimizadas com flexibilização orçamentária

Função Objetivo	0,0831	0,0884	0,0884	0,0884	0,0884	0,0936
Variação da Restrição Orçamentária	R\$650.000,00	R\$700.000,00	R\$750.000,00	R\$800.000,00	R\$850.000,00	R\$900.000,00
Demandas de TI	Seleção					
Segurança	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
LGPD	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Zoom	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
eSocial	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Teletrabalho	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000
Competência	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
Serviços de TI	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
SAC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Sistema de Busca	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Saúde	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SCI	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
BI	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A partir do resultado, é possível avaliar os cenários em que o custo total para atendimento às demandas de TI priorizadas modifica-se com o acréscimo de R\$50.000,00 dentro dos limites inferior e superior segundo definição adotada para os parâmetros da fronteira eficiente.

Observa-se que as demandas de “Segurança”, “LGPD”, “Zoom”, “eSocial”, “Serviços de TI” e “Sistema de Busca” foram selecionadas em todos os diferentes cenários de variação da restrição orçamentária. A demanda de TI “Teletrabalho” apareceu em quatro dos seis cenários de variação da restrição orçamentária, tendo sido substituída no primeiro e último cenários, quando o orçamento estava, respectivamente, no limite inferior de R\$650.000,00 e superior de R\$900.000,00. No primeiro cenário, a demanda “SCI” foi a escolhida para substituí-la, pois possui um custo financeiro menor de atendimento e, no último cenário, o método de otimização elegeu novamente a demanda “SCI”, mas agora, em conjunto com a demanda “Competência”. Com isso, no limite inferior de variação da restrição orçamentária, a função objetivo alcançou um valor de 0,0831 e no limite superior chegou a 0,0936, havendo optado por sete demandas no primeiro cenário e oito demandas no

último cenário, o que leva a comprovar que o modelo buscou sempre otimizar o processo de priorização das demandas garantindo a maximização da função objetivo de forma a selecionar o maior número de demandas mais prioritárias possíveis dentro das restrições especificadas e dos parâmetros de fronteira eficiente definidos.

Pode-se também extrair a informação de que sempre que a demanda de TI “Teletrabalho” foi escolhida, esta compôs o mesmo portfólio de demandas selecionadas, obtendo assim, o exato valor de 0,0884 para a função objetivo. Este fato ocorre quando a variação da restrição orçamentária se encontra entre R\$700.000,00 e R\$850.000,00, ou seja, apesar do aumento do limite orçamentário, não houve alteração para o conjunto de demandas priorizadas. Ademais, poder-se-ia esperar a ocorrência de tal comportamento para determinados cenários de variação da restrição orçamentária uma vez que, ao se executar o método de otimização sem o procedimento de fronteira eficiente, quando a restrição orçamentária foi definida em menor ou igual (\leq) a R\$800.000,00, a coleção de demandas de TI priorizadas atingiu um custo total de R\$679.973.26, isto indica que apenas nos casos em que a restrição orçamentária seria menor que esse custo total ou maior que R\$800.000,00 haveria a possibilidade de um novo portfólio de demandas de TI. Do contrário, manter-se-ia o mesmo grupo de demandas priorizadas independente da utilização ou não do procedimento de fronteira eficiente com a aplicação do método de otimização. Ainda assim, percebe-se a importância do seu uso, portanto, sendo mantido o emprego do procedimento de fronteira eficiente, por este ser capaz de agregar mais cenários ao resultado encontrado, facilitando assim a avaliação e o processo decisório por parte dos especialistas ao final da aplicação do método de otimização.

Fundamentado no resultado conseguido, os decisores aceitarão ou não novas demandas para a Secretaria de Tecnologia da Informação e Comunicação do Ministério Público Federal conforme os critérios estabelecidos e, assim, atendendo com maior brevidade às necessidades mais importantes e garantindo um melhor alinhamento estratégico aos objetivos finalísticos da instituição e, portanto, oportunizando uma melhor eficiência e eficácia nas entregas de tecnologia da informação ao Ministério Público Federal, acarretando uma melhora na prestação de seus serviços para com a sociedade brasileira.

Capítulo 5

Conclusão

A movimentação global de crescimento da dependência tecnológica por parte das organizações leva, conseqüentemente, a uma necessidade de atuação muito mais eficiente e eficaz das suas respectivas áreas de tecnologia da informação. Os investimentos realizados na evolução da tecnologia da informação são altos sob a perspectiva de qualquer instituição, independente do seu porte. Com o aumento das demandas de **TI**, muitas vezes, há escassez de mão de obra especializada e, além disso, as organizações precisam considerar o risco de impacto em seus objetivos estratégicos que envolve não atender alguma demanda. Mediante tal conjuntura, um método de priorização passa a ser necessário visando o alcance de melhores resultados. Sendo assim, este trabalho visou desenvolver um método de priorização das demandas de tecnologia da informação para o Ministério Público Federal a fim de auxiliar na tomada de decisão.

Em virtude do estudo realizado, pôde-se observar o motivo pelo qual o método **AHP** tem atraído o interesse de muitos pesquisadores, em razão das suas propriedades matemáticas e do fato de que a entrada de dados é simples de ser obtida (Vargas, 2010) [Vargas, 2010]. A aplicação em conjunto dos métodos **AHP**, **PROMETHEE II** e otimização na priorização das demandas de **TI** permite que os tomadores de decisão, os especialistas, se apoiem, para além da sua experiência, em ferramentas matemáticas de apoio à decisão, que viabilizam a eles simulações de resultados que justifiquem suas escolhas. Ressalta-se ainda que o método proposto no estudo possui a característica de ser flexível, pois os métodos conhecidos que o compõe assim o são, visto que os critérios, alternativas e restrições adotados podem ser alterados a qualquer momento pelos decisores ou, no caso específico da otimização, a simples alteração dos parâmetros das restrições, promovendo desta forma uma rápida adequação a novas realidades encontradas na instituição.

O uso dos métodos **AHP**, **PROMETHEE II** e Otimização pressupõem a utilização de softwares específicos para os cálculos matemáticos, sendo que os selecionados para esse trabalho, respectivamente, foram o 123AHP, Visual **PROMETHEE** e o Risk Simulator.

Outros aspectos importantes para a priorização são: a qualidade das avaliações realizadas e a utilização pelos especialistas dos métodos propostos. Ambos os aspectos devem se mostrar satisfatórios para tornar o processo decisório mais consistente e coerente com os resultados organizacionais. O que observou-se na aplicação dos métodos **AHP**, **PRO-METHEE II** e otimização, foi que os aspectos da qualidade das avaliações e utilização pelos especialistas desses métodos, alcançaram um desfecho satisfatório, dando segurança na avaliação dos achados.

Da realização do método proposto nesta pesquisa, obteve-se como resultado final um portfólio de demandas de **TI** constituído por 7 ou 8 demandas consoante a variação da restrição orçamentária definida na utilização do método de otimização pelos parâmetros de limites inferior e superior do procedimento de fronteira eficiente que receberam, respectivamente, os valores de R\$650.000,00 e R\$900.000,00, sendo que, tais limites sofriam um incremento de R\$50.000,00. Dentre as 12 selecionadas para o estudo, as demandas “Segurança”, “**LGPD**”, “**Zoom**”, “**eSocial**”, “Serviços de **TI**” e “Sistema de Busca” foram sempre priorizadas a despeito dos valores assumidos pela restrição orçamentária, comprovando alinhamento aos objetivos estratégicos da organização e, portanto, oportunizando uma melhor eficiência e eficácia nas entregas de tecnologia da informação para a instituição acarretando uma melhora na prestação de seus serviços para com a sociedade brasileira.

5.1 Limitações

A definição da amostra de demandas de **TI** observou apenas a fila de pedidos que haviam sido encaminhados para a **STIC** e, com isso, não se levou em consideração a heterogeneidade do que estava sendo escolhido para ser utilizado durante a execução da pesquisa. Não que a amostra tenha sido composta por demandas de **TI** estritamente semelhantes, na verdade, o conjunto selecionado possuiu certo grau de diferenciação, ao envolver pedidos que seriam atendidos por áreas diversas da Secretaria de Tecnologia da Informação e Comunicação. Entretanto, no momento da seleção da amostra, as demandas de **TI** escolhidas não contemplam todos os tipos de pedidos que já foram encaminhados à **STIC**. Além do que, não há como garantir que uma nova necessidade não surja e esta esteja relacionada a um novo tipo de demanda que ainda não tenha sido atendida, acarretando um cenário para tratamento da demanda de **TI** ainda desconhecido e que poderia, ou não, influenciar de alguma forma no método proposto para a priorização de demandas.

5.2 Trabalhos futuros

O método de priorização proposto, dada a sua característica de flexibilidade, pode ser remodelado por meio da alteração dos critérios, alternativas e restrições estipuladas neste estudo. Em decorrência da possibilidade de novos concursos para o Ministério Público Federal, especificamente para a seleção de novos profissionais de tecnologia da informação e comunicação, poder-se-ia retirar a restrição de recursos humanos capacitados em TI do modelo de otimização, reaplicando o mesmo método na Secretaria de Tecnologia da Informação e Comunicação, agora, em uma nova realidade. Além disso, outra ação muito interessante seria estender o uso desse método de priorização de demandas às diversas secretarias e estruturas organizacionais do Ministério Público Federal de forma a viabilizar um amadurecimento em gestão de riscos com maior capilaridade e, assim, aumentar ainda mais o desempenho da organização em prol do alcance da missão institucional. Portanto, seria interessante a aplicação do método proposto neste trabalho em outra secretaria que não a de tecnologia da informação e comunicação da instituição, pesquisando dessa forma, um cenário bem diferente com outros critérios, alternativas e restrições para a revalidação do estudo com o alcance de novos achados visando a comprovação do aumento da eficiência e eficácia nas entregas realizadas pela nova secretaria selecionada.

Após a revalidação interna no ramo do Ministério Público Federal ser bem sucedida, propõe-se a apresentação do método a outros ramos do Ministério Público de maneira que estes pudessem experimentar dos benefícios da utilização do processo de priorização a fim de que auxiliasse os tomadores de decisão durante a árdua tarefa de selecionar um portfólio de demandas a serem atendidas dentre um conjunto maior de solicitações encaminhadas às suas respectivas áreas de atuação.

Referências

- [ABNT, 2018] ABNT (2018). Abnt nbr iso 31000:2018 gestão de risco - diretrizes. 7, 8, 11, 12
- [Almeida, 2013] Almeida, A. T. (2013). *Processo de decisão nas organizações: construído modelos de decisão multicritério*. Atlas Ed. ISBN 978-85-224-8011-1. 33, 34, 35, 36, 37
- [Alonso et al., 2009] Alonso, I. A., Verdún, J. C., & Caro, E. T. (2009). Project prioritization as a key element in it strategic demand management. *innovations and advances in computer sciences and engineering*, 417–422. doi:10.1007/978-90-481-3658-2. 4, 13
- [Bannerman, 2008] Bannerman, P. L. (2008). Defining project success: A multi-level framework. 12
- [Brans & Mareschal, 2002] Brans, J. & Mareschal, B. (2002). Prométhée - gaia: une méthodologie d'aide à la décision en présence de critères multiples. *Éditions de L'Université de Bruxelles*. 30, 32, 33, 36
- [Brans & Smet, 2016] Brans, J.-P. & Smet, Y. D. (2016). Promethee methods. in: Multiple criteria decision analysis. *Springer*, (pp. 187–219). 37
- [Campos, 2000] Campos, G. M. (2000). Estatística prática para docentes e pós-graduandos: Tipos de variáveis. https://www.forp.usp.br/restauradora/gmc/gmc_livro/gmc_livro_cap02.html. Acessado: 20/05/2022. 40
- [Carvalho & Mingot, 2005] Carvalho, G. S. & Mingot, S. A. (2005). Manual do usuário: programas para utilização da análise hierárquica. <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAbHQAB/manual-usuario-analise-hierarquica>. Acessado: 13/03/2022. 22
- [Chiavenato, 2004] Chiavenato, I. (2004). *Administração nos novos tempos*. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier Brasil. 12
- [CNMP, 2017] CNMP (2017). Resolução cnmp nº 171/2017: institui a política nacional de tecnologia da informação do ministério público (pnti-mp). <https://www.cnmp.mp.br/portal/atos-e-normas-busca/norma/5189>. Acessado: 05/03/2022. 3
- [Costa, 2002] Costa, H. G. (2002). Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão. <https://docplayer.com.br/37487329-Introducao-ao-metodo-de-analise-hierarquica.html>. Acessado: 05/03/2022. 17

- [Fehr et al., 2022] Fehr, A., Seeling, S., Hornbacher, A., Thißen, M., Bogaert, P., Delnord, M., & Ziese, T. (2022). Prioritizing health information for national health reporting - a delphi study of the joint action on health information (infact). *Archives of Public Health*, 80, 1–14. 13
- [Finesa.NET, 2018] Finesa.NET (2018). 123ahp.com my choice, my decision. 123ahp.com. Acessado: 17/03/2022. 29
- [Forman, 1990] Forman, E. (1990). Random indices for incomplete pairwise comparison matrices. *European Journal of Operational Research*, 40, 153–155. 23
- [Freeman, 2021] Freeman, S. (2021). How to optimize it capacity management as demand fluctuates. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/07/16/how-to-optimize-it-capacity-management-as-demand-fluctuates/?sh=543bf28e7575>. Acessado: 12/03/2022. 2
- [Freitas et al., 2006] Freitas, A. L. P., Marins, C. S., & Souza, D. O. (2006). A metodologia de multicritério para a tomada de decisões gerenciais: um estudo de caso. *Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, (2), 51–60. 17
- [Hanine et al., 2017] Hanine, M., Boutkhoul, O., Agouti, T., & Tikniouine, A. (2017). A new integrated methodology using modified delphi-fuzzy ahp-promethee for geospatial business intelligence selection. *Information Systems and e-Business Management*, 15, 897–925. doi 10.1007/s10257-016-0334-7. 13
- [ISACA, 2012] ISACA (2012). Cobit 5: A bussiness framework for the governance and management of enterprice it. USA:ISACA. 2
- [Kawano, 2020] Kawano, E. N. (2020). Fronteira eficiente de markowitz. <http://clubedefinancas.com.br/materias/fronteira-eficiente/>. Acessado: 25/11/2023. 41
- [Laurindo & Loures, 2019] Laurindo, A. M. & Loures, E. F. R. (2019). Aplicação de métodos multicritérios para apoio na tomada de decisão de investimentos em serviços tecnológicos oferecidos para a indústria nacional. *Poisson*, 28, 146–155. 49
- [Mareschal & Brans, 1988] Mareschal, B. & Brans, J.-P. (1988). Geometrical representations for mcda. *European Journal of Operational Research*, 34.1, 69–77. 49
- [Marins et al., 2009] Marins, C. S., Souza, D. O., & Barros, M. S. (2009). O uso do método de análise hierárquica na tomada de decisões gerenciais: um estudo de caso. *XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, (pp. 1778–1788). 26
- [Markou et al., 2017] Markou, C., Koulinas, G. K., & Vavatsikos, A. P. (2017). Project resources scheduling and leveling using multi-attribute decision models: Models implementation and case study. *Expert Systems with Applications*, 77. 3
- [Michaelis & Michaelis, 2022] Michaelis, C. & Michaelis, H. (2022). Dicionário brasileiro da língua portuguesa. <https://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=otimiza%C3%A7%C3%A3o>. Acessado: 20/05/2022. 39

- [MPU, 2017] MPU (2017). Portaria pgr/mpu nº 78/2017: institui a política de gestão de riscos do mpu. <http://bibliotecadigital.mpf.mp.br/bdmpf/handle/11549/115713>. Acessado: 05/03/2022. 1
- [MPU, 2022] MPU (2022). Portaria pgr/mpf nº 03/2022: institui o planejamento estratégico do mpf para o período 2022-2027. http://bibliotecadigital.mpf.mp.br/bdmpf/bitstream/handle/11549/235937/PT_PGR_MPF_2022_3.1.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acessado: 05/03/2022. 2
- [Mun, 2011] Mun, J. (2011). *RISK SIMULATOR: Manual do Usuário*. Real Options Valuation, Inc., Dublin, U.S.A. 40, 41
- [Napoleão, 2019] Napoleão, B. M. (2019). Matriz de riscos (matriz de probabilidade e impacto). <https://ferramentasdaqualidade.org/matriz-de-riscos-matriz-de-probabilidade-e-impacto/>. Acessado: 18/03/2022. 9, 10
- [Oliveira & Martins, 2015] Oliveira, V. H. M. & Martins, C. H. (2015). *AHP: Ferramenta Multicritério para Tomada de Decisão - Shopping Centers*. Paraná, Brasil: Appris Ed., 1 edition. ISBN 978-85-8192-618-6. 19
- [Pariz et al., 2022] Pariz, M. C., Carvalho, C. M. F., Rebelo, P. C. A., & Colmenero, J. C. (2022). Treatment of the uncertainties in prioritization of information technology projects: A hybrid multicriteria approach. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. <https://doi.org/10.1002/mcda.1777>. 2
- [Quichíz & Bayona-Oré, 2016] Quichíz, L. P. & Bayona-Oré, S. (2016). It demand management models in organizations. *6th International Conference on Information Communication and Management (ICICM)*, (pp. 40–46). <https://doi.org/10.1109/INFOCOMAN.2016.7784212>. 4, 13
- [Rezende, 2003] Rezende, G. L. (2003). Monitoração ambiental e o processo decisório em pequenas empresas: a utilização de informações do ambiente externo por executivos de indústrias de móveis de design do sudeste brasileiro. *Perspectiva da Ciência da Informação*, 1(8), 96–101. 12
- [Ribeiro & Canedo, 2020] Ribeiro, R. C. & Canedo, E. D. (2020). Using mcda for selecting criteria of lgpd compliant personal data security. *The 21st Annual International Conference on Digital Government Research*, (pp. 175–184). <https://doi.org/10.1145/3396956.3398252>. 31
- [Saaty, 1986] Saaty, T. L. (1986). Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management Science*, (7), 841–855. 18
- [Saaty, 1990] Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I). 15, 16, 17, 44
- [Saaty, 1991] Saaty, T. L. (1991). *Método de análise hierárquica*. São Paulo, Brasil: ed. Makron Books. 23

- [Saaty, 2000] Saaty, T. L. (2000). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory With the Analytic Hierarchy Process*. Pittsburgh, U.S.A.: RWS Publications. 23, 28
- [Saldanha, 2018] Saldanha, F. P. (2018). *Gerenciamento de Riscos: método bow tie*. Rio de Janeiro, Brasil: Autor Ed. ISBN 978-85-924371-0-7. 7, 9, 10, 11
- [Schmidt, 1995] Schmidt, A. M. A. (1995). Processo de apoio à tomada de decisão – abordagens: Ahp e macbeth. <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/157951>. Acessado: 10/03/2022. 17, 18, 19, 28
- [Secchi, 2004] Secchi, A. R. (2004). Otimização de processos. http://www2.peq.coppe.ufrj.br/Pessoal/Professores/Arge/COQ897/Naturais/aulas_piloto/aula1.pdf. Acessado: 20/05/2022. 39
- [Souza et al., 2020] Souza, J. C. F., Souza, J. G. M., Neumann, C., Santos, M. R., Porto, M. M., & Ribeiro, I. (2020). Modelo de análise multicritério de apoio à decisão aplicado as eleições para presidência de 2018. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 3, 423–432. 16
- [Soylu, 2010] Soyly, B. (2010). Integrating promethee ii with the tchebycheff function for multi criteria decision making. *International Journal of Information Technology Decision Making*, 9(4), 525–545. 38
- [Steele et al., 2008] Steele, K., Carmel, Y., Cross, J., & Wilcox, C. (2008). Uses and misuses of multicriteria decision analysis (mcda) in environmental decision making. *Risk analysis : an official publication of the Society for Risk Analysis*, 29, 26–33. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01130.x>. 16
- [TCU, 2016] TCU (2016). Acórdão nº 1956/2016 da 1ª câmara do tcu. https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/#/documento/acordao-completo/*/NUMACORDAO%253A1956%2520ANOACORDAO%253A2016%2520COLEGIADO%253A%2522Primeira%2520C%25C3%25A2mara%2522/DTRELEVANCIA%2520desc%252C%2520NUMACORDAOINT%2520desc/0/%2520. Acessado: 05/03/2022. 1
- [Teknomo, 2006] Teknomo, K. (2006). Kardi teknomo’s tutorial. <https://people.revoledu.com/kardi/tutorial/>. Acessado: 15/03/2022. 44, 45, 46
- [Tives et al., 2018] Tives, H., Costa, P., Santos, F. E., Canedo, E., & Reis, A. C. (2018). Research project selection and classification using mcda methods. *Proceedings of the XIV Brazilian Symposium on Information Systems*, (pp. 1–9). <https://doi.org/10.1145/3229345.3229375>. 30
- [Tsugue, 2009] Tsugue, V. N. V. (2009). *Ferramenta multicritério para apoio à definição do tipo de fôrmas para estruturas em concreto armado baseada no método AHP*. Maringá, Brasil: Universidade Estadual de Maringá - UEM. 83. 20
- [Vargas, 2010] Vargas, R. (2010). Utilizando a programação multicritério (ahp) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. *PMI Global Congress 2010 – North America*. 66

- [Veyret, 2007] Veyret, Y. (2007). *Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. Contexto Ed. ISBN 978-85-7244-354-8. 7
- [Vincke, 1992] Vincke, P. (1992). *Multicriteria Decision-Aid*. John Wiley Sons Ltd. ISBN 0-471-93184-5. 34
- [Wilhelm, 2016] Wilhelm, V. E. (2016). Dualidade – interpretação. https://docs.ufpr.br/~marianakleina/PrecoSombra_CustoReduzido.pdf. Acessado: 25/11/2023. 41
- [Yadav et al., 2022] Yadav, G., Gauravaram, P., Jindal, A., & Paul, K. (2022). Smart-patch: A patch prioritization framework. *Computers in Industry*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103595>. 13
- [Zadeh, 1965] Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X). 13

Apêndice A

Formulário Exploratório

Considerado os objetivos estratégicos de **TI** vinculados ao Planejamento Estratégico Institucional (**PEI**) 2022-2027, sendo o primeiro o de prover soluções tecnológicas integradas, sustentáveis e estáveis, com foco na segurança da informação, na simplicidade e na necessidade dos usuários; e o último, o objetivo que visa incrementar o uso de inteligência artificial para auxiliar no processo de tomada de decisões e na automatização de procedimentos.

Considerando como meta principal a priorização de demandas de **TI** no Ministério Público Federal (**MPF**), favor proceder com as respostas segundo os itens abaixo contidos neste formulário.

1. Quais os principais critérios que envolvem o processo de priorização das demandas de **TI** no **MPF**?
2. Para cada critério elencado na resposta anterior, qual(is) seria(m) a(s) alternativa(s) ou fator(es) que leva(m) ao alcance do objetivo principal?
3. Quais são as restrições que impedem ou dificultam o atendimento das demandas de **TI** no **MPF**?
4. Favor relacionar quais demandas de **TI** no **MPF** irão compor a amostra a ser utilizada no estudo que visa desenvolver um método para a priorização dessas demandas.