

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Iara Sibeles Silva

**TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO FUZZY PARA PRIORIZAÇÃO DE
PROJETOS DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO**

Belo Horizonte - MG

2018

Iara Sibeles Silva

**TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO FUZZY PARA PRIORIZAÇÃO DE
PROJETOS DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Petr Iakovlevitch Ekel

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Paiva da Silva Martins

Área de Concentração: Sistemas de Engenharia Elétrica e de Computação

Linha de Pesquisa: Modelagem, Otimização e Inteligência Computacional (MOIC)

Belo Horizonte - MG

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

S586t Silva, Iara Sibebe
Tomada de decisão multicritério fuzzy para priorização de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação / Iara Sibebe Silva. Belo Horizonte, 2018. 112 f. : il.

Orientador: Petr Iakovlevitch Ekel
Coorientador: Carlos Augusto Paiva da Silva Martins
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

1. Sistemas difusos. 2. Inovações tecnológicas. 3. Desenvolvimento científico e tecnológico. 4. Desenvolvimento organizacional. 5. Processo decisório. I. Ekel, Petr Iakovlevitch. II. Martins, Carlos Augusto Paiva da Silva. III. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. IV. Título.

CDU: 622.233

Ficha catalográfica elaborada por Fernanda Paim Brito - CRB 6/2999

Iara Sibebe Silva

**TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO FUZZY PARA PRIORIZAÇÃO DE
PROJETOS DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Prof. Dr. Carlos Alexandre Meireles do Nascimento (Banca examinadora) - UFRRJ

Prof. Dr. Petr Iakovlevitch Ekel (Orientador) - PUC Minas

Prof. Dr. Joel Gomes Pereira Júnior (Banca examinadora) - PUC Minas

Prof. Dr. Carlos Augusto Paiva da Silva Martins (Coorientador - Suplente) - PUC Minas

Belo Horizonte, 23 de março de 2018

Aos meus pais, Cecília e Emídio

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade concedida e pelo conhecimento alcançado.

A meu orientador, Prof. Petr Iakovlevitch Ekel, pela paciência, respeito e compartilhamento de conhecimento. Seu exemplo é inspirador.

Ao meu coorientador, Prof. Carlos Augusto Paiva da Silva Martins por acreditar.

A todo corpo docente da PPGEE e PPGA pela acolhida, especial abraço a Prof. Rose, Isabel e Eliza, verdadeiras guerreiras.

Ao parceiro Felipe Ramalho, que tanto me apoiou e dividiu conhecimento.

A Gabriela Franco e Leticia Ataíde, inspiração para trabalhar.

As equipes da GCM pelo começo, a GAI pelo desenvolvimento e a GIC pela conclusão, nada seria possível sem vocês.

A Poly, Analu e Vê, que tanto me incentivaram. Minhas irmãs de coração.

A minha família que tanto amo, meu suporte, meu norte, minha vida. Emídio, Elen e Elida, me orgulho de ter vocês ao meu lado. Leo, Lipe e Thi, que eu possa sempre dar o melhor de mim. Meus cunhados e cunhadas que tanto me respeitam e me dão carinho, gratidão pelo apoio e compreensão.

Aos amigos que sempre respeitaram minhas escolhas.

A meu parceiro, cúmplice e melhor amigo, Matheus Libório.

RESUMO

Neste trabalho aplicamos um método de tomada de decisão multicritério com o intuito de aprimorar o modelo de priorização de projetos do sistema de gestão de portfólio do Modelo das Duas Rodas, programa FAZ do Sistema FIEMG, para gestão da inovação. Técnicas de conversões de formatos de preferências foram exploradas, aplicadas e consolidadas através de métodos, garantindo a integridade dos dados na conversão dos métodos. Foi apresentada uma formulação para priorização de ideias/projetos compatível com a análise, com um processo de consenso otimizado entre os especialistas avaliadores, garantindo um ajuste adequado entre a opinião de cada especialista, levando em consideração um procedimento de arbitragem.

Conclui-se com estes resultados que a aplicação os métodos de tomada de decisão multicritério em ambiente fuzzy se mostra um caminho consistente para o aprimoramento do sistema de gestão da inovação do programa FAZ. Com este aprimoramento, contribui-se para o fortalecimento do programa de gestão da inovação, bem como para as empresas que utilizam o sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Fuzzy; Inovação; Pesquisa e Desenvolvimento; Tomada de Decisão Multicritérios.

ABSTRACT

This paper presents multicriteria decision-making models to improve the project prioritization method of the portfolio management system of the two-wheel model of innovation management. Conversion techniques of preference formats were explored, applied and consolidated through methods in which the integrity of the data was guaranteed. It shows a formulation for prioritization of ideas/projects compatible with the analysis, with a consensus process optimized among the evaluating experts, ensuring an adequate adjustment between the opinion of each expert, taking into consideration an arbitration procedure.

The application of the multicriteria decision-making methods in the fuzzy environment shows a consistent path for the improvement of the innovation management system of the FAZ program. This improvement contributes to the strengthening of the innovation management program, as well as to the companies that use the system.

KEY WORDS: Fuzzy; Innovation; Research and Development; Multicriteria Decision-Making.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - FLUXO DO PROCESSO DO MODELO DAS DUAS RODAS	10
FIGURA 2- VISÃO GERAL DO MODELO DAS DUAS RODAS	12
FIGURA 3 - ESQUEMA DE PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO QUEIROZ (2009), ADAPTADO DE SIMON (1977).....	23
FIGURA 4 - PARTIÇÃO DE $X \times X$ E RELAÇÕES ENTRE P, I, J, R	33
FIGURA 5 - ESQUEMA GERAL PARA TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO INDIVIDUAL	45
FIGURA 6 – ADAPTAÇÃO DE ESQUEMA GERAL PARA TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO EM GRUPO	47
FIGURA 7 - DESCRIÇÃO DAS FASES DA METODOLOGIA	55

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - CLASSIFICAÇÃO DE PROJETO DO MDR.....	16
GRÁFICO 2 - CLASSIFICAÇÃO DE PROJETO DO MDR COM INDICAÇÃO DOS PROJETOS.....	59

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - CONCEITOS E TERMINOLOGIAS UTILIZADOS NOS MÉTODOS MULTI OBJETIVO E MULTIATRIBUTO	26
QUADRO 2 - FORMATOS DE PREFERÊNCIA	31
QUADRO 3 - CRITÉRIOS DO MDR	56

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS	16
TABELA 2 - AVALIAÇÕES POR PROJETO POR GRUPO DE CRITÉRIOS	17
TABELA 3 - REQUISITOS PARA ESCOLHA DOS ESPECIALISTAS	56
TABELA 4 - CRITÉRIOS DE ANÁLISE NO MDR	58
TABELA 5 - ESCALA PADRÃO VALOR UTILIDADE.....	60

LISTA DE SIGLAS

AMITEC	- Programa de Apoio à Melhoria e Inovação Tecnológica
CNI	- Confederação Nacional da Indústria
CNPQ	- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FIEMG	- Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais
FINEP	- Financiadora de Estudos e Projetos
GP-PAP	- Gestão de portfólio e do plano agregado de projetos
IEL/MG	- Instituto Euvaldo Lodi – Núcleo Regional de Minas Gerais
MDR	- Modelo das Duas Rodas
MEI	- Mobilização Empresarial pela Inovação
NAGI	- Núcleos de Apoio à Gestão da Inovação
OCDE	- Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PD&I	- Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PD-Projetos	- Processo de Desenvolvimento de Projetos de Inovação
PEI	- Plano Estratégico de Inovação
UFMG	- Universidade Federal de Minas Gerais
UFV	- Universidade Federal de Viçosa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Justificativa.....	2
1.2	Problema.....	2
1.3	Objetivo geral e específicos.....	3
1.4	Organização do trabalho.....	3
2	INOVAÇÃO: DEFINIÇÕES, PROBLEMAS E SOLUÇÕES	5
2.1	Uma questão de gestão	7
2.2	Um modelo para gestão da inovação	8
2.2.1	<i>Visão Geral</i>	11
2.2.2	<i>Planejamento e Estratégias</i>	12
2.2.3	<i>Tática e Operacionalização</i>	13
2.2.4	<i>Pesquisa e Desenvolvimento</i>	13
2.2.5	<i>Cultura Organizacional</i>	14
2.2.6	<i>Um problema de classificação de ideias (Priorização)</i>	15
2.3	Por que priorizar ideias.....	18
3	TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO EM AMBIENTE DE INCERTEZA.....	20
3.1	Modelos e Métodos de Tomada de Decisão Multicritério	25
3.1.1	<i>Teoria de conjuntos Fuzzy</i>	29
3.2	Formatos de Preferência e suas Equivalências	31
3.2.1	<i>Relações de Preferência Fuzzy</i>	33
3.2.1.1	<i>Relação de Preferência Fuzzy Recíproca Aditiva (RR)</i>	35
3.2.1.2	<i>Relação de Preferência Fuzzy Não Recíproca (RN)</i>	36
3.3	Conversão Entre Formatos e Relações de Preferência	36
3.3.1	<i>Conversões para RR</i>	36
3.3.2	<i>Conversões para RN</i>	38
3.4	Modelos Discretos de Tomada de Decisão Multiatributo (Modelos $\langle X, R \rangle$)	39
3.5	Técnicas básicas de análise de Modelos $\langle X, R \rangle$	39
3.5.1	<i>Primeira Técnica</i>	41
3.5.2	<i>Segunda Técnica</i>	42

3.5.3	<i>Terceira Técnica</i>	43
3.6	Tomada de decisão individual e em grupo	44
3.6.1	<i>Tomada de Decisão Multicritério Individual</i>	44
3.6.2	<i>Tomada de Decisão Multicritério em Grupo</i>	45
3.7	Uso de Consenso na Tomada de Decisão em Grupo.....	48
3.7.1	<i>Consenso na tomada de decisão em grupo</i>	49
3.7.2	<i>Esquemas de Consenso</i>	50
3.7.3	<i>Consenso Ótimo em um ambiente Fuzzy</i>	51
3.8	Contribuições.....	53
4	PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS DE PD&I EM AMBIENTE <i>FUZZY</i> APLICADA A UM MODELO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO	55
4.1	Fase 1 Execução do Modelo MDR.....	55
4.1.1	<i>Definição de Critérios</i>	56
4.1.2	<i>Definição de Especialistas</i>	56
4.1.3	<i>Coleta e Organização ideias/projeto</i>	57
4.1.4	<i>Avaliação dos Especialistas</i>	57
4.1.5	<i>Análise de resultados MDR</i>	58
4.2	Fase 2 Conversão de Preferência.....	59
4.2.1	<i>Elicitação das Preferências</i>	60
4.3	Fase 3 Execução do Modelo <i>Fuzzy</i> <X,R>	71
4.3.1	<i>Aplicando a Primeira Técnica de Análise</i>	71
4.3.1.1	<i>Consenso Ótimo em Ambiente Fuzzy com uso da Primeira Técnica</i>	76
4.3.2	<i>Aplicando a Terceira Técnica de Análise</i>	77
4.3.2.1	<i>Consenso Ótimo em Ambiente Fuzzy com uso da Terceira Técnica</i>	94
5	CONCLUSÕES	101
5.1	Trabalhos Futuros	101
6	BIBLIOGRAFIA	102
7	ANEXO	108

8	APÊNDICE	112
---	----------------	-----

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da produtividade nas principais economias do mundo é comumente creditada à inovação e seus reflexos na capacidade de produção. Por isso, o valor de uma empresa pode ser relacionada à sua capacidade de transformar, continuamente, conhecimentos em inovação. Além disso, a transformação de conhecimentos em inovações não é uma questão puramente técnicas, pois depende fortemente do compromisso e do apoio da alta administração. Neste sentido, os aspectos associados à gestão da inovação se tornam elementos chave para o sucesso da inovação, pois por meio deles os funcionários são motivados ou desmotivados, afetando, conseqüentemente, a capacidade da empresa inovar (SAUNILA & UKKO, 2014) e (ROTHWELL, 1992).

Por isso é importante gerir informações, conflitos humanos, tempo e restrições orçamentárias. Para isso, é necessário uma sistematização da gestão de processos relacionados à geração, desenvolvimento e implementação das inovações. Sendo a sistematização destes processo entendida como gestão da inovação. O objetivo da gestão da inovação, que envolve muitas ações e pessoas, é aumentar as chances de sucesso da inovação (PINTO & SLEVIN, 1989) e (SMITH, BUSI, BALL, & VAN DER MEER, 2008).

O grande número de ações e pessoas envolvidas no processo de desenvolvimento da inovação tonar a gestão da inovação um grande desafio. Para superar tais desafios, a sistematização de métodos, procedimentos e tarefas em ferramentas capazes de organizar, direcionar e estimular o ambiente organizacional se tornam tão fundamentais quanto a própria gestão em si (MATTOS, STOFFEL, & TEIXEIRA, 2010).

Neste caso, a gestão da inovação pode ser conceituada como um conjunto de práticas, conceitos e ferramentas que ajudam o tomador de decisão a organizar as atividades de inovação. Contudo, fazer tal gestão exige abordagens teóricas e práticas de gestão de vários campos do conhecimento, quase sempre distribuídos dentro das empresas. Para responder a estes problemas, bem como oferecer meios para gerir a inovação de forma sistematizada, foi criado o programa FAZ. Em síntese, o programa FAZ é a sistematização de uma metodologia que organiza, estrutura e direciona ações regulares de gestão de inovação (BRASIL, Ministério de Ciência e Tecnologia, 2010) e (IEL, 2014).

A base teórica-metodológica de gestão da inovação que fundamentam o programa FAZ é o modelo das duas rodas (MDR). Nele, são apresentados procedimentos e ferramentas

gerenciais de apoio utilizadas para a implantação de cada módulo do modelo de gestão (FIEMG, 2015).

Em especial, o MDR sistematiza o cadastramento e classificação de ideias de projeto de inovação. Desta forma, a empresa é capaz de organizar um portfólio de projetos, contendo as informações essenciais para o planejamento, acompanhamento e controle do orçamento, recursos e projetos. Com a sistematização do portfólio de projetos, as informações dos projetos são disponibilizadas para os decisores. Por meio de uma representação gráfica destas informações, os decisores escolhem os projetos que serão executados (BAGNO & FARIA, 2017).

1.1 Justificativa

Para se assegurar que um programa de gestão da inovação seja eficiente é necessário uma gestão eficaz do portfólio de ideias. Tal eficiência está relacionada, principalmente, com uma boa seleção e priorização dos projetos que receberão recursos e esforços para serem transformados em inovação. Contudo, para uma boa seleção e priorização de projetos é necessário um processo de avaliação baseado em métodos de tomada de decisões multicritério. A aplicação destes métodos permitem reduzir o grau de subjetividade nos processos avaliação e priorização dos projetos. Em consequência disso, otimizam-se a aplicação dos recursos financeiros, reduzem-se riscos e melhoram-se os resultados, justificando, por meio do diferencial competitivo gerado, os investimentos e esforços empregados na atividade de inovação (PEREIRA, BAIÃO, & FISCHER, 1996).

1.2 Problema

Um dos principais desafios das organizações é fazer escolhas certas, consistentes e alinhadas com sua estratégia. Logo, os métodos de tomada de decisão multicritério se inserem neste contexto como um importante instrumento para a priorização de projetos de inovação. Contudo, o processo de seleção de projetos do MDR, sistematizado no programa FAZ, não utiliza tais métodos. Na verdade, o MDR não possui uma ferramenta ou técnica para priorizar os projetos de inovação. No MDR esta tarefa é realizada por uma análise gráfica, exigindo que o tomador da decisão compare projetos visualmente e indique qual projeto priorizar (VARGAS, 2010); (PARREIRAS, EKEL, MARTINI, & PALHARES, 2010) e (BAGNO & FARIA, 2017).

Com o aumento da subjetividade no processo de classificação de projetos de inovação, aumentam-se também os riscos, e, com eles, crescem as chances das atividades de inovação serem descontinuadas. No entanto, a aplicação dos métodos de tomada de decisão multicritério trazem como benefícios a redução das subjetividades no processo de decisão, tornando-os mais racionais, e, com isso, mais e melhores inovações (PARREIRAS, EKEL, MARTINI, & PALHARES, 2010).

1.3 Objetivo geral e específicos

O objetivo geral desta pesquisa é estudar, avaliar e escolher um método de tomada de decisão multicritério para priorizar projetos de inovação. Inicialmente, o método escolhido será estudado sob a perspectiva do sistema de gestão de portfólio do modelo das duas rodas de gestão da inovação. Para isso, os seguintes objetivos específicos foram traçados:

- reutilizar avaliações de projetos realizadas em um modelo de gestão da inovação para priorizar projetos através de um método de tomada de decisão multicritério, convertendo o formato de preferências utilizado pelos especialistas na avaliação dos projetos pelo MDR para o formato de preferências utilizado no modelo $\langle X, R \rangle$;
- estabelecer um processo de consenso das avaliações dos especialistas, considerando que não haverá a convocação destes especialistas para reanálise das avaliações quando ocorrem discordâncias;
- aplicar o método escolhido em um caso real do MDR, propondo o aprimoramento do método de seleção de ideias/projetos com a aplicação de métodos de tomada de decisão multicritério em ambiente fuzzy que otimizariam a tarefa de selecionar e priorizar projetos.

1.4 Organização do trabalho

O trabalho está organizado em 5 capítulos. O Capítulo 2, introduz os conceitos e fundamentos básicos de inovação defendidos neste trabalho, bem como os conceitos básicos de gestão da inovação e o detalhamento do Modelo das Duas Rodas, objeto de análise deste trabalho. O Capítulo 3, apresenta uma revisão sobre modelos e métodos de Tomada de Decisão em Ambiente Fuzzy, o que são os formatos de preferência e como funciona a conversão entre os formatos de preferência, denominada preferências dos decisores, e métodos de

processamento de informações, associados à tomada de decisão em grupo (consenso). O Capítulo 4 explora os processos de tomada de decisão com a aplicação e comparação em uma amostra de projetos de pesquisa desenvolvimento e inovação (PD&I). O Capítulo 5 encerra com as conclusões e perspectivas de trabalhos futuros.

2 INOVAÇÃO: DEFINIÇÕES, PROBLEMAS E SOLUÇÕES

A partir da teoria evolucionária do desenvolvimento econômico proposta por (SCHUMPETER J. , 1961), pesquisadores discutem o papel da destruição criadora (inovação) na sobrevivência e competitividade empresarial. Neste sentido, (MATTOS, STOFFEL, & TEIXEIRA, 2010) e (SAUNILA & UKKO, 2014) relacionam a sobrevivência empresarial e o crescimento da produtividade à capacidade da empresa inovar.

A associação entre a inovação e o desenvolvimento econômico e social motiva, de forma cada vez mais constante, o tratamento do tema na agenda de políticas públicas no Brasil (ARAÚJO & CAVALCANTE, 2011). Segundo os autores, este novo olhar suscitou na criação de uma série de mecanismos de fomento à inovação no setor produtivo do país, a partir da década de 1990.

Dessa forma, o crescimento do esforço para investimento tecnológico das empresas brasileiras seria influenciado por uma série de mudanças institucionais. Tais mudanças vêm sendo implantadas ao longo dos últimos anos, envolvendo incentivos fiscais e financeiros, bem como o uso do poder de compra do governo. As alterações subsequentes no marco legal e institucional para a inovação fizeram com que os instrumentos de apoio à inovação no setor produtivo no Brasil pudessem ser considerados modernos e semelhantes àqueles adotados nos países desenvolvidos (ARAÚJO & CAVALCANTE, 2011).

Com a instituição da Lei de Inovação Tecnológica, conforme (BRASIL, LEI Nº 10.973, 2004), que dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, e a promulgação em (BRASIL, LEI Nº 13.243, 2016), que dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação, as relações entre empresas e possíveis parceiros tecnológicos foram oficialmente estabelecidas com formalidades para uma condução eficiente do processo de inovação.

Por conseguinte, as empresas iniciaram um novo ciclo evolutivo internamente e impulsionou o sentido da inovação formal e de forma mais profissional (DALMARCO, ZANIOL, SELAO, & DRUMM, 2014).

O Manual de Oslo (OCDE, 2004) e o Manual de Frascati (OCDE, 2013) publicações da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), são algumas das principais fontes bibliográficas mundiais no campo da inovação.

Para (OCDE, 2004) a inovação está diretamente ligada à criatividade da empresa e à sua capacidade de concretizar ideias, com características inéditas, em novos produtos, processos ou

serviços. Para (OCDE, 2013) a inovação é a implantação de um produto, processo, método (ex: marketing, organizacional ou negocial) novo ou significativamente aprimorado.

Além disso, dentre inúmeras definições, podemos afirmar que a inovação é um conjunto de processos que contemplam várias áreas e conhecimento (SILVEIRA, 2004) um esforço realizado pelas empresas de maneira que garanta a sua adequação ao ambiente no qual estão inseridas (PACHECO & GOMES, 2016), uma busca proposital e organizada por mudanças (DRUCKER, 2014) a exploração de novas ideias com sucesso (DTI, 2003), sendo uma atividade vital para a sobrevivência e para o amadurecimento das economias capitalistas (SCHUMPETER J. , 1961).

Neste sentido, (DALMARCO, ZANIOL, SELAO, & DRUMM, 2014) afirmam que o amadurecimento empresarial ocorre quando a mesma está preparada para inovar. (FIEMG, 2015) afirma que a preparação para inovar esta associada à capacidade de gerir a inovação. Sendo que a busca por tais inovações, pelo estímulo à criatividade, qualidade e produtividade, é o meio para que as empresas obtenham melhores resultados.

Assim, gestão da inovação seria, conforme (IEL, 2014) o elemento chave para a agregação de valor aos produtos, contribuindo para o fortalecimento, modernização e diversificação da indústria. Esta abordagem é reafirmada por (BAGNO & FARIA, 2017) que descrevem a importância da inovação para as empresas em termos de competitividade e sobrevivência, bem como por (SCHARF & SORIANO-SIERRA, 2008) que destacam a relevância da inovação contínua na geração de vantagens competitivas sustentáveis.

Assim, no momento que inovar se tornou um objetivo comum entre as empresas brasileiras, surgiram diversas iniciativas de disseminação de informações, mobilização de empresários e capacitação em gestão para inovação. Conforme (MATTOS, STOFFEL, & TEIXEIRA, 2010) este esforço das empresas para inovar recebeu uma contribuição especial a partir de 2008 com a mobilização empresarial pela inovação (MEI), da Confederação Nacional da Indústria (CNI).

A MEI procurava sensibilizar as empresas para os desafios de inovar, disseminando informações e conhecimentos sobre inovação para os empresários, através dos núcleos de apoio à gestão da inovação (NAGI) ligada às Federações Estaduais da Indústria. Os NAGI, financiados com recursos da chamada pública Pró-inova, descrita em (BRASIL, Ministério de Ciência e Tecnologia, 2010) estruturaram programas de gestão para perenizar a inovação nas empresas.

Estes programas buscavam reduzir problemas relacionados à falta de gestão da inovação que, conforme (PINTO & SLEVIN, 1989), (ROTHWELL, 1992), (VAN DER PANNE, VAN BEERS, & KLEINKNECHT, 2003), (SMITH, BUSI, BALL, & VAN DER MEER, 2008) e (SAUNILA & UKKO, 2014) é um ponto crítico para o sucesso da atividade inovadora.

Os autores (ZEN, JARAMILLO, DAMBROS, MENEZES, & MACHADO, 2014) apontam que 24 NAGI's, em diferentes estados brasileiros, receberam recursos para o desenvolvimento de programas de gestão da inovação. Por exemplo, o NAGI do Instituto Euvaldo Lodi de Minas Gerais (IEL/MG) recebeu 1,9 milhões de reais para desenvolver uma metodologia intitulada Modelo das Duas Rodas (MDR) que, posteriormente, foi denominada comercialmente de Programa FAZ e aplicada em empresas de diversos portes do estado (BRASIL, Ministério de Ciência e Tecnologia, 2010). O programa FAZ contempla ações estruturantes para planejar estratégias, organizar processos de aprendizagem, desenvolver metodologias, sistematizar ferramentas de gestão, criar ambientes de estímulo à criatividade e à geração, seleção e implantação de ideias inovadoras (IEL, 2014).

2.1 Uma questão de gestão

De algum modo, uma parte importante do crescimento da produtividade nas principais economias do mundo e em países emergentes é creditada à inovação (MATTOS, STOFFEL, & TEIXEIRA, 2010). Segundo (SCHARF & SORIANO-SIERRA, 2008), a capacidade de produção de valor de uma empresa está relacionada à sua capacidade reproduzir, continuamente, conhecimentos em inovação. Por sua vez, a capacidade de inovar depende de muitos fatores, principalmente, da competência da empresa em gerir a inovação (SAUNILA & UKKO, 2014). Para (ROTHWELL, 1992), tal dependência ocorre porque a inovação é, essencialmente, um processo de pessoas. As organizações não fazem projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) bem-sucedidos, pessoas sim. Por isso a presença de um produto inovador não é garantia de sucesso.

Por outro lado, (ROTHWELL, 1992), (VAN DER PANNE, VAN BEERS, & KLEINKNECHT, 2003) e (SMITH, BUSI, BALL, & VAN DER MEER, 2008) afirmam que o compromisso e o apoio à inovação da alta gerência é o ponto chave para o sucesso da inovação. Por exemplo, na análise de (VAN DER PANNE, VAN BEERS, & KLEINKNECHT, 2003) o apoio da alta gerência é considerado a força motriz dos projetos. (SMITH, BUSI, BALL, &

VAN DER MEER, 2008) afirmam que o nível de apoio gerencial dado aos funcionários afeta a capacidade da empresa inovar.

Além disso, (PINTO & SLEVIN, 1989) afirmam que é importante avaliar e monitorar com precisão os projetos de inovação ao longo de seu ciclo de vida, sendo necessária a gestão de informações, conflitos humanos, tempo e restrições orçamentárias. Estas necessidades envolvem, conforme (SMITH, BUSI, BALL, & VAN DER MEER, 2008), a sistematização da gestão de processos relacionados à geração, desenvolvimento e implementação das inovações.

Em síntese, (ORTT & VAN DER DUIN, 2008) afirmam que combinação do apoio da alta gerencia com a organização dos processos de inovação, a chamada de gestão da inovação, pode aumentar as chances de sucesso da inovação.

Neste sentido, (VAN DER PANNE, VAN BEERS, & KLEINKNECHT, 2003) mostram que a gestão da inovação contribui para a adequação e a otimização do tempo, dos custos e das informações, aumentando a viabilidade dos projetos de PD&I em cerca de 60%, favorecendo o processo de tomada de decisão como um todo.

Isso ocorre, conforme (ORTT & VAN DER DUIN, 2008), porque a gestão da inovação é uma abordagem abrangente, compreendendo processos relacionados à pesquisa e ao desenvolvimento e processos relacionados à inovação (planejamento, organização para inovação, estruturação de ambientes inovadores e sistemas de monitoramento e controle).

Por isso, assim como destacam (MATTOS, STOFFEL, & TEIXEIRA, 2010), um grande desafio da gestão da inovação é a sistematização de métodos e ferramentas capazes de organizar, direcionar e estimular um ambiente organizacional voltado para a inovação.

2.2 Um modelo para gestão da inovação

Para (FALCONI, 2009) a gestão é um conjunto de ações que devem ocorrer de maneira interligada e de tal forma que uma empresa atinja seus resultados. Estas ações orientam e desenvolvem valores, planejamentos, alocando e gerindo recursos e iniciativas para alcançar objetivos pré-definidos. Em síntese, a gestão envolve uma série de ações que direcionam a empresa.

Já (FIEMG, 2015) afirma que assim como as empresas possuem metodologias de gestão em áreas como: custos, qualidade, logística, dentro outros, a inovação também precisa ser gerenciada, devendo estar estreitamente relacionada à estratégia competitiva da empresa.

(PACHECO & GOMES, 2016) afirmam que a gestão da inovação é um conjunto de práticas, conceitos e ferramentas que ajudam o tomador de decisão a organizar as atividades de inovação. Contudo, (FARIA & FONSECA, 2014) atentam para as diferentes concepções, dimensões e dinâmicas do ambiente inovador. Tais características exigem abordagens teóricas e práticas de gestão de vários campos do conhecimento.

Neste contexto, através da parceria entre o IEL/MG, a FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), o CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV) desenvolve-se o programa FAZ. Conforme (IEL, 2014), o FAZ é um programa que organiza, direciona e sistematiza ações regulares de gestão de inovação.

Para (BAGNO & FARIA, 2017) o FAZ agrega as variações de inovação (produto, processo, organizacional ou modelo de negócios), baseando-se em princípios teórico-conceituais, diferenciando inovação estratégica e tática, e/ou inovação de negócios e operacional.

O programa FAZ, como mostra (IEL, 2014), atende a maior parte dos aspectos apontados por (BRASIL, Ministério de Ciência e Tecnologia, 2010) na constituição de um programa gestão da inovação eficiente. Em síntese, o programa FAZ aborda temas como: planejamento estratégico da inovação; sistemas de informação para inovação, incluindo o monitoramento de indicadores, programa de geração e seleção de ideias; ferramenta de avaliação e desenvolvimento de novos produtos e processos; e organização para a inovação, incluindo a estruturação de ambientes inovativos e o estímulo à criatividade.

Adicionalmente, o IEL/MG, aproveitando sua estrutura, agregou ao programa FAZ metodologias de sistemas de inteligência competitiva e capacitação em prospecção tecnológica e de gestão da propriedade intelectual. Neste sentido, a gestão da inovação tornar-se-ia a base para o desenvolvimento do ambiente inovador e da capacidade de induzir o desenvolvimento tecnológico (IEL, 2014).

As bases teórico-metodológicas de gestão da inovação que fundamentam o programa FAZ é o modelo das duas rodas (MDR). Nele, (BAGNO & FARIA, 2017) destacam o papel da inovação nas empresas, a relevância da gestão da inovação no processo inovador e apresenta procedimentos e as ferramentas gerenciais de apoio utilizadas para a implantação de cada módulo do modelo de gestão. A Figura 1 ilustra o processo de aplicação do MDR. No destaque a etapa “Cadastrar novas ideias e classificá-las” a qual identificamos um ponto de atenção.

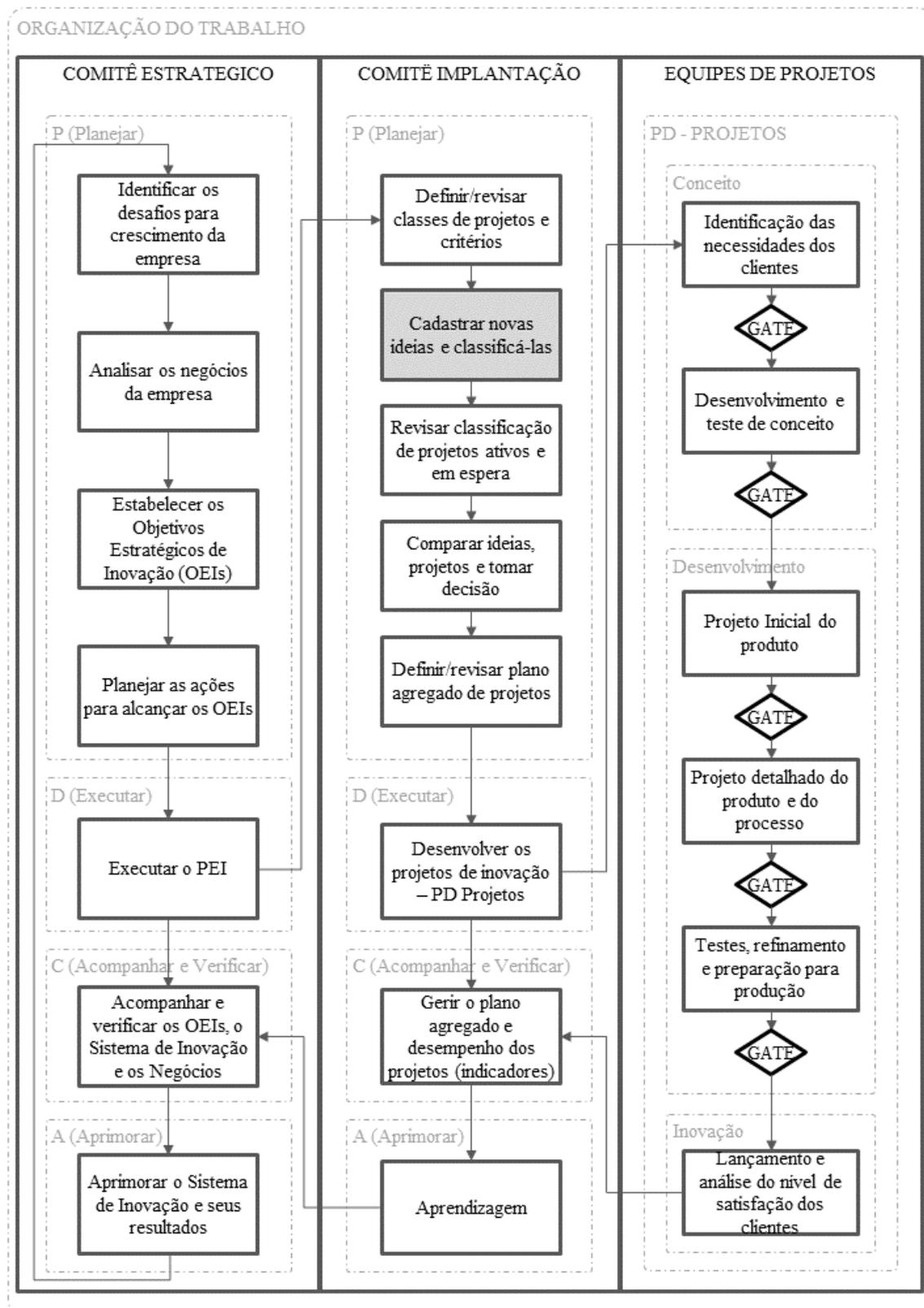


Figura 1 - Fluxo do processo do Modelo das Duas Rodas

Após seu desenvolvimento, o Programa FAZ foi implantado em 43 empresas de Minas Gerais (IEL, 2014).

2.2.1 *Visão Geral*

Na sequência descrevemos o modelo e como os capítulos do livro O Modelo das duas Rodas (BAGNO & FARIA, 2017) foram organizados. No capítulo I, a inovação para as empresa é o destaque. Uma visão geral do modelo de gestão da inovação das duas rodas é apresentada no capítulo II. Os capítulos III, IV, V, VI descrevem os procedimentos e as ferramentas gerenciais de apoio utilizadas para a implantação de cada módulo do modelo de gestão.

No capítulo 1 - Inovação e Competitividade, (BAGNO & FARIA, 2017) descrevem a importância da inovação para as empresas em termos de competitividade e sobrevivência, os principais tipos de inovação – se de produto, processo, organizacional ou modelo de negócios – os princípios teórico-conceituais que diferenciam a inovação estratégica da inovação tática e de negócios da operacional, e definição abordada no livro e que direciona a pesquisa por eles realizada que é a “exploração de novas ideias com sucesso”. Estes elementos constituíram a referência metodológica do modelo de gestão da inovação das duas rodas, auxiliando as empresas no planejamento, estruturação e implantação de um programa eficaz e perene de inovação.

Em síntese o capítulo 2 - visão geral do modelo das duas rodas descreve como este modelo foi organizado em quatro grupos: comitê estratégico, comitê de implantação, equipes de projetos e organização do trabalho. Cada grupo possui um conjunto de responsabilidades e tarefas. Nomeando o modelo, o comitê estratégico e o comitê de implantação funcionam seguindo uma roda de planejamento, execução, checagem e ação – PDCA conforme demonstrado na Figura 2 (BAGNO & FARIA, 2017).

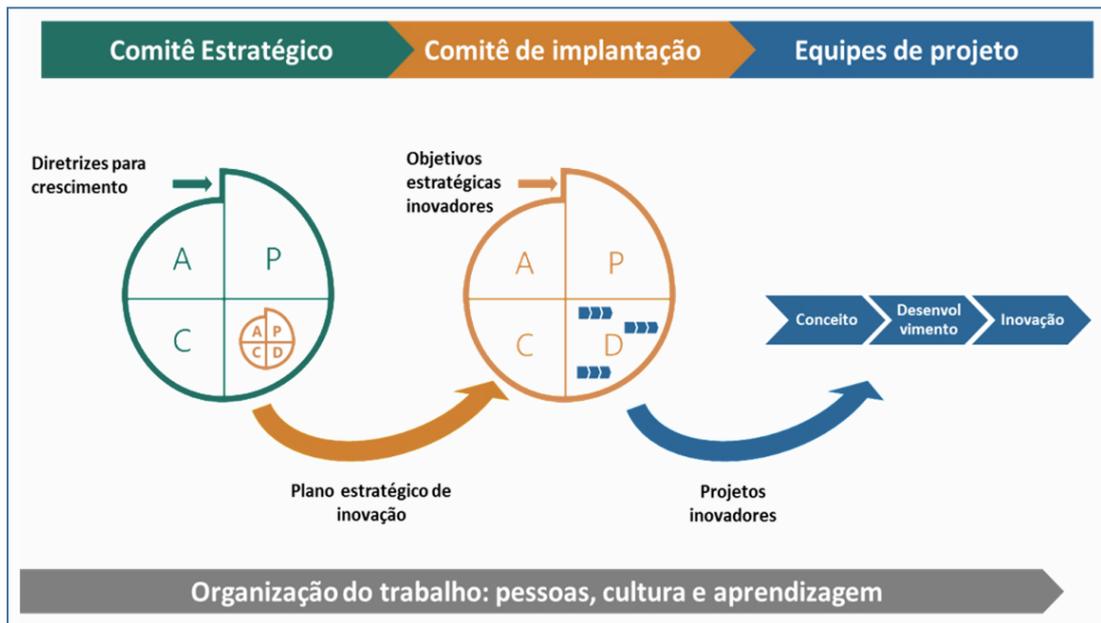


Figura 2- Visão geral do Modelo das Duas Rodas

2.2.2 Planejamento e Estratégias

O capítulo 3 - Módulo do Comitê Estratégico, trata da primeira roda do modelo e é, referencialmente, formado pela alta administração da empresa, incumbido da definição das políticas de inovação. Esse comitê é responsável por alocar recursos, monitorar e acompanhar o desempenho do programa, replanejando e recomendando ações de aprimoramento. Para isso, ações sistematizadas são executadas seguindo o ciclo do PDCA. Na etapa P (planejar) são definidos e documentados os objetivos estratégicos de inovação em um plano estratégico de inovação (PEI). Na etapa D (executar) as ações previstas no PEI são executadas pelo comitê de implantação (segunda roda) e equipes de projetos. As métricas estabelecidas no PEI são traduzidas em indicadores de resultado e aplicadas pelo comitê de implantação. Na etapa C (acompanhamento e verificação) o comitê estratégico analisa se os objetivos estratégicos de inovação estão sendo alcançados. Por fim, na etapa A (aprimoramento) uma reanálise do programa é realizada para o refinamento do PEI. Com essa análise, o comitê de implantação executa as ações corretivas (BAGNO & FARIA, 2017).

Em análise realizada por (ANICETO, BAGNO, ALFRADIQUE, & DE SOUZA, 2016) em um grupo de empresas que implantaram o Modelo das Duas Rodas, foi declarado a dificuldade na adaptação deste modelo as práticas de gestão já consolidadas anteriormente. Na prática, a elaboração dos objetivos e estratégias do plano de inovação da empresa foi executada pelo comitê de implantação, esta flexibilidade apresentada pelo modelo das duas rodas auxilia

na minimização dos impactos com as mudanças propostas pelo novo modelo. Dessa forma, cabe ao comitê estratégico aprovar e/ou solicitar alterações, de acordo com a realidade observada.

2.2.3 *Tática e Operacionalização*

A segunda roda descrita no capítulo 4 - Módulo do Comitê de Implantação, mostra que este comitê também é organizado seguindo o ciclo de PDCA. Na etapa P (planejar), prezando pelos objetivos estratégicos de inovação definidos no PEI, é feita a composição, priorização e gestão do portfólio de projetos de inovação. Na etapa D (executar) é elaborado o orçamento e o cronograma do projeto, bem como a designação das pessoas que comporão as equipes de projetos. Na etapa C (acompanhamento e verificação), com a ferramenta de gestão de portfólio e do plano agregado de projetos (GP-PAP), é feito o controle dos projetos em execução. Com o GP-PAP, o comitê de implantação verifica a necessidade de cancelar, suspender ou alterar a ordem de prioridade dos projetos em execução ou em portfólio. Por fim, na etapa A (aprimoramento), é realizada uma avaliação do portfólio de projetos, verificando falhas e acertos, gerando os relatórios de desempenho. Esses relatórios subsidiarão a etapa A do PDCA do comitê estratégico, para, conseqüentemente reiniciar o planejamento do programa (BAGNO & FARIA, 2017).

De acordo com (ANICETO, BAGNO, ALFRADIQUE, & DE SOUZA, 2016) não há uma ordem de implantação dos módulos, sendo que em muitos casos as empresas optaram por iniciar sua organização a partir da ordenação do comitê de implantação. Na prática, este comitê concentrou a maior parte das tarefas do programa. Por isso, obtiveram um melhor aproveitamento as empresas que possuíam e alocaram os recursos humanos necessários para executar este ciclo de PDCA.

2.2.4 *Pesquisa e Desenvolvimento*

O módulo das Equipes de Projetos: PD-Projetos, descrito no capítulo 5 é estruturado a partir da ferramenta de processo de desenvolvimento de projetos de inovação (PD-Projetos). O PD-Projetos aplica um método de pontos de decisão (*stage-gates*) para gerir os riscos e incertezas dos projetos de inovação e que permite a análise e a tomada de decisão antecipada a partir de resultados parciais. Por meio de *stage gates*, as equipes de projeto se mantêm alinhadas

com as etapas anteriores do modelo. Neste caso, partindo da etapa (P) da primeira roda, devem seguir os objetivos estratégicos de inovação da organização. Assim, chegando até a etapa (A) da segunda roda na entrega dos relatórios das inovações desenvolvidas (BAGNO & FARIA, 2017).

Descrito pelas empresas como o ponto forte do modelo das duas rodas, o método favorece uma gestão dinâmica dos projetos, possibilitando intervenções emergenciais, circunstanciais ou pontuais (ANICETO, BAGNO, ALFRADIQUE, & DE SOUZA, 2016). Com isso, é possível ter maior clareza e consistência nas ações de controle do portfólio de projetos de inovação.

Em geral, as restrições financeiras aumentam a probabilidade de abandonar um projeto de inovação. No entanto, mostramos que é importante distinguir entre as diferentes fases dos projetos de inovação e entre restrições financeiras internas e externas. As empresas que percebem restrições externas são mais propensas a abandonar os projetos de inovação tanto na fase de concepção quanto uma vez iniciados os projetos. Além disso, as restrições financeiras internas são importantes apenas durante a fase de concepção, onde a probabilidade de ser percebida é mais persistente (GARCÍA-QUEVEDO, SEGARRA-BLASCO, & TERUEL, 2017).

2.2.5 *Cultura Organizacional*

O Módulo de Organização do Trabalho, apresentado no VI e último capítulo do livro, descreve a importância do envolvimento das pessoas no processo de inovação da empresa. O grupo formado neste módulo tem como desafio fomentar a cultura organizacional para a inovação, discutindo e disseminando conhecimentos, gerando e promovendo ações que envolvam as pessoas na implantação do programa. (BAGNO & FARIA, 2017) destacam a essencialidade do engajamento das pessoas para a inovação sistêmica. A inovação sustentável e perene deve engajar as pessoas independentemente do seu nível ou função. Por isso, uma vez que as empresas possuem diferentes características organizacionais, o módulo da organização do trabalho pode ser diferente do modelo proposto. Ainda assim, qualquer processo organizacional voltado para a inovação deve buscar o desenvolvimento de competências para inovação, o estabelecimento rotinas para estimular, gerir e valorizar ideias e introduzir, disseminar e fortalecer a cultura da inovação na organização.

Essa importância da organização do trabalho é exaltada nos resultados de (COBO-BENITA, RODRÍGUEZ-SEGURA, ORTIZ-MARCOS, & BALLESTEROS-SÁNCHEZ, 2016) que mostram que a combinação de inovação organizacional, tamanho da empresa e cooperação com empresas nacionais e, especialmente, internacionais, é uma condição suficiente para o sucesso de projetos de inovação dentro da organização. Os autores evidenciam também que variáveis como o investimento em P&D por empregado ou idade da empresa não afeta o sucesso de projetos de inovação.

Na análise de (ANICETO, BAGNO, ALFRADIQUE, & DE SOUZA, 2016) a aplicação do PDCA na empresas apresentou bons resultados, pois foi considerado um processo simples de implantar, executar e operar. Por isso, todas as empresas executaram as tarefas designadas ao comitê estratégico e de implantação.

Contudo, na maior parte das empresas analisadas por (ANICETO, BAGNO, ALFRADIQUE, & DE SOUZA, 2016), a organização de tarefas e responsabilidades em módulos se mostrou inadequada. Por exemplo, enquanto empresas de pequeno porte não tinham pessoal suficiente para compor as equipes dos quatro módulos, empresas de grande porte podiam alocar uma ou duas pessoas para, em tempo integral, cumprir as tarefas de todos os módulos. Possivelmente, a designação de tarefas e responsabilidades por pessoas, talvez fosse um modo mais flexível e adaptável à realidade de cada empresa.

2.2.6 Um problema de classificação de ideias (Priorização)

O processo, ou método de classificação de projetos de PD&I do MDR é a análise do gráfico de bolhas. O gráfico de bolhas é uma representação das avaliações dos especialistas para cada projeto. Esta avaliação é o resultado das notas dadas para cada critério de análise, agrupados em dois eixos. No exemplo mostrado no Gráfico 1 o eixo x representa a média das notas do grupo de critérios oportunidade e o eixo y a média das notas dos avaliadores do grupo de critérios capacidade.

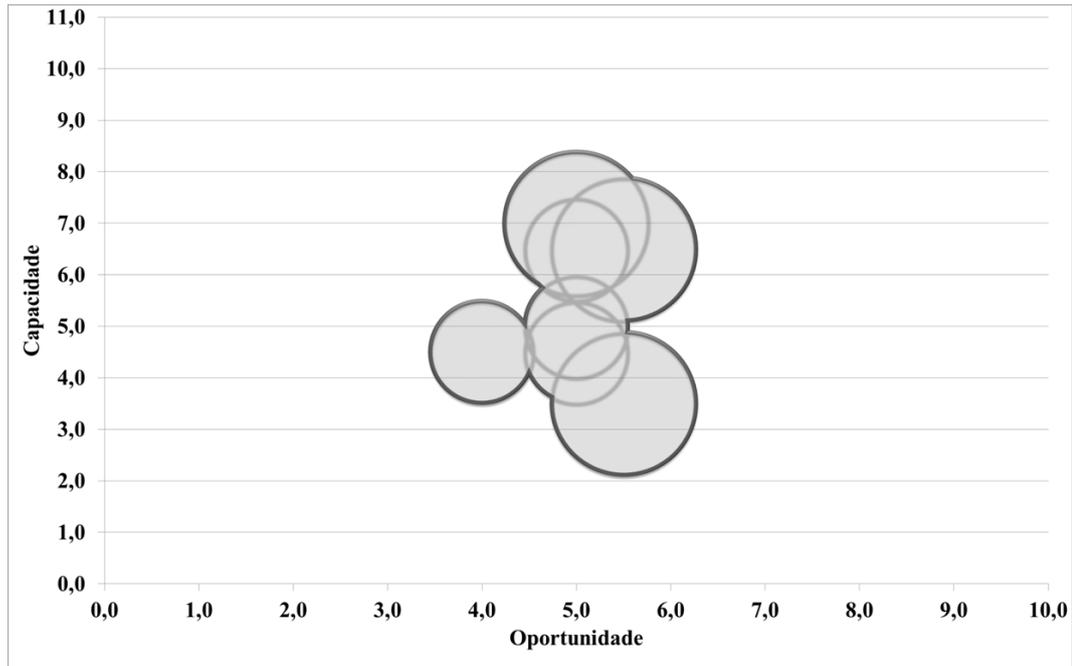


Gráfico 1 - Classificação de projeto do MDR

Fonte: Ferramenta Gestão de portfólio MDR (BAGNO & FARIA, 2017)

Neste exemplo abaixo foram analisados 07 (sete) projetos pelos critérios descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição dos critérios

Critério (C)	Descrição do critério de análise	Peso	Eixos de análise
1	Necessidade de Mercado Percebida	1	
2	Benefícios Econômicos	1	Oportunidade para o negócio
3	Alinhamento Estratégico	1	
4	Ausência de Barreira à Implantação	1	
5	Maturidade da ideia	1	
6	Facilidade Técnica da Equipe para Execução	1	Capacidade para desenvolver
7	Disponibilidade de Recurso (Pessoas / Infraestrutura)	1	
8	Tempo de Implantação	1	

Em tese, a classificação dos projetos deveria resultar em uma lista de projetos ordenados conforme os critérios estabelecidos. Contudo, a análise do gráfico de bolhas não permite a apresentação do ordenamento dos projetos. Isto ocorre porque cada projeto é representado por um par de notas. Esta representação exige que o tomador da decisão compare os pares de notas e indique qual projeto quer priorizar.

Uma vez avaliados os projetos, calculamos x e y para cada projeto, onde x representa o eixo oportunidade e y o eixo capacidade. Para isso, obtemos a média ponderada da pontuação de c (critério) e seu respectivo p (peso) detalhados na Tabela 1, conforme (1) e (2).

$$x = \frac{C_1 \times p_1 + C_2 \times p_2 + C_3 \times p_3 + C_4 \times p_4}{\sum p_{oportunidade}} \quad (1)$$

$$y = \frac{C_5 \times p_5 + C_6 \times p_6 + C_7 \times p_7 + C_8 \times p_8}{\sum p_{capacidade}} \quad (2)$$

Em alguns casos, como mostrado na Tabela 2, o tomador de decisão poderá encontrar pares de notas iguais, mas em grupos diferentes ou que a soma das notas dos pares de notas sejam iguais, mas com notas por grupos diferentes como, por exemplo, os projetos X₄ e X₅, X₆ e X₇.

Tabela 2 - Avaliações por projeto por grupo de critérios

Projeto	Oportunidade	Capacidade	Total
X ₁	5,2	5,2	10,4
X ₂	4,0	4,4	8,4
X ₃	5,2	6,2	11,4
X ₄	4,9	4,7	9,6
X ₅	5,5	4,1	9,6
X ₆	5,4	6,6	12,0
X ₇	5,3	6,7	12,0

Fonte: Ferramenta de Gestão de Portifólio MDR (BAGNO & FARIA, 2017)

A ocorrência de valores totais idênticos, gerados por diferentes circunstâncias, seguramente, implicarão na necessidade de arbitragem. Neste caso, a arbitragem, possivelmente aumentará a subjetividade do processo de classificação de projetos de PD&I.

Por isso, nesta dissertação, apresenta-se uma proposta para o aprimoramento do método de seleção de ideias/projetos, pois a análise pelo gráfico de bolhas não ordena ou prioriza os projetos de PD&I. Assim, a aplicação de métodos de tomada de decisão com foco na priorização como, por exemplo, fuzzy, otimizariam a importante e complexa tarefa de selecionar e priorizar projetos.

2.3 Por que priorizar ideias

(VARGAS, 2010) observa que um dos principais desafios das organizações é fazer escolhas certas, consistentes e alinhadas com sua estratégia. Segundo (PARREIRAS, EKEL, MARTINI, & PALHARES, 2010), a tomada de decisão é um processo cognitivo pelo qual se escolhe um plano de ação. Numa situação-problema, se faz uma escolha, dentre várias possíveis, baseada em cenários, ambientes, análises e fatores diversos.

No entanto, (LONGANEZI, COUTINHO, & BOMTEMPO, 2014) alertam que as metodologias de apoio à tomada de decisões existentes, aplicadas para classificação de ideias, nem sempre se adaptam a estrutura operacional ou à capacidade produtiva das empresas. (VARGAS, 2010) reafirma a importância da utilização de sistemas de gestão de portfólio, pois possibilita justificar e simular resultados das escolhas dos tomadores de decisão. Mas (VARGAS, 2010) também ressalta que tais sistemas podem ser difíceis de implantar em empresas de pequeno porte.

Ainda assim, (MIGUEL, 2012) afirma que para assegurar que um programa de gestão da inovação seja eficiente é necessário a sistematização do portfólio de projetos PD&I. Para (LIBÓRIO, et al., 2016), isso ocorre porque o ambiente empresarial está repleto de ideias, exigindo mais recursos do que a empresa, geralmente, dispõe para explorá-las. Por isso, é preciso, através da gestão do portfólio, selecionar e priorizar as ideias de projetos que receberão recursos e esforços para serem transformadas em inovação. Dessa forma, ainda que tais sistemas possam ser de difícil implantação, (LONGANEZI, COUTINHO, & BOMTEMPO, 2014) atentam que tais sistemas de gestão da inovação devem integrar métodos de tomada de decisão e suportar a aplicação de técnicas de priorização de projetos.

Para (PARREIRAS, EKEL, MARTINI, & PALHARES, 2010), todo processo decisório produz uma escolha final. A saída pode ser uma ação ou uma opinião de escolha. Ou seja, a tomada de decisão refere-se ao processo de escolher o caminho mais adequado em uma determinada circunstância. Para selecionar projetos de um portfólio, (VARGAS, 2010) ressalta a importância da adoção de critérios de avaliação que sejam mensuráveis, pois os métodos de priorização se baseiam em propriedades matemáticas. Tais critérios de decisão, conforme (LONGANEZI, COUTINHO, & BOMTEMPO, 2014), podem ser baseados análises quantitativas, como as estimativas da viabilidade econômico-financeira ou qualitativas e subjetivas, quando os dados são insuficientes ou superficiais. (QUADROS, 2008) completa que a seleção de projetos deve ser realizada em linha com a estratégia competitiva da empresa.

Além disso, (LONGANEZI, COUTINHO, & BOMTEMPO, 2014) ressaltam o papel da decisão em grupo para priorização de projetos, e, logo da atribuição de pesos para os avaliadores conforme sua área de especialização. Segundo (PARREIRAS, EKEL, MARTINI, & PALHARES, 2010), a tomada de decisão em grupo permite obter uma opinião coletiva consistente, a partir de informações fornecidas por especialistas em termos de estimativas difusas. Como exemplo, podemos citar o trabalho de (ARNAUT, MARTINS, AMBRICO, & BELDERRAIN, 2012) que aplicam o método de priorização de análise hierárquica (AHP) para classificar projetos de PD&I do Setor de Defesa.

De modo geral, (PEREIRA, BAIÃO, & FISCHER, 1996) mostram que as discussões sobre políticas públicas para o fomento da atividade de inovação são frequentes e consistentes, mas que os processos para classificação dos projetos de PD&I são, frequentemente, negligenciados. Tais condições se repetem no modelo das duas rodas, onde observamos uma discussão teórico-metodológica sobre inovação, seus módulos de trabalho e ferramentas, mas que o processo de classificação de projetos é, se não negligenciado, controverso.

Para que um modelo de priorização de ideias apresente resultados satisfatórios é necessário determinar os pontos chaves de um processo de avaliação baseado em Métodos de Tomada de Decisões Multicritério para projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) que reduza ao máximo o grau de subjetividade neste processo e que se apresenta como uma alternativa que melhora a aplicação destes recursos com a agilidade que as indústrias necessitam e que as instituições públicas têm sido cobradas. É um método para alcançar o diferencial competitivo do projeto, que nesse caso se trata do resultado para a empresa. Aplicar este método em projetos a serem submetidos como forma de avaliação prévia será a forma de verificação escolhida para testar o método.

3 TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO EM AMBIENTE DE INCERTEZA

A tomada de decisão é um método de conhecimento avançado associado à seleção de uma série de ações sobre um conjunto de alternativas. Métodos com estas características tendem a uma triagem final, também denominada solução. Geralmente, este método se inicia quando há incerteza de aceitação de uma determinada solução por todos os envolvidos em um processo de decisão (QUEIROZ, 2009).

Nos anos de 1930, o princípio da incerteza de Heisenberg produz uma ruptura no paradigma da ciência determinista, modificando profundamente o modo de se ver o mundo. Neste momento, se evidencia a impossibilidade de prever eventos ou comportamentos futuros, dada a nossa incapacidade de medi-los com exatidão no seu ponto de partida (HAWKING, 2015).

Essa quebra paradigmática é um produto das revoluções científicas (KUHN, 2012). A partir dos anos de 1930, o princípio da incerteza sobrepujou o paradigma da ciência determinista, modificando profundamente o modo de enxergar o mundo.

Segundo (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011), tomar a decisão "correta" significa escolher essa alternativa a partir de um possível conjunto de alternativas, no qual, ao considerar todas as variáveis e incoerências, um valor global será otimizado.

Assim como as pessoas, as empresas enfrentam diariamente uma série de alternativas que lhe imputem para uma tomada de decisão de forma contínua (LU, ZHANG, RUAN, & WU, 2007).

Cada decisão implica uma escolha razoável e justificável feita entre diversas alternativas. Podem ser feitas por indivíduos ou grupos que tomam decisões simples e frequentemente de forma automática e subconsciente. No entanto, em muitos casos, as alternativas estão relacionadas a situações complexas que se caracterizam por uma divergência de requisitos e múltiplos critérios, ambiguidade na avaliação de situações, erros na escolha das prioridades entre outros, que complicam substancialmente o processo de tomada de decisões (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).

Para os autores, estes fatores de incerteza são comumente encontrados em uma ampla gama de problemas de decisão presentes em projetos, operações, controles de sistemas complexos etc. Em particular, diversas manifestações do fator de incerteza estão associadas, por exemplo, a:

- a impossibilidade ou a inexperiência de obter quantidades suficientes de informações confiáveis;
- a falta de previsões confiáveis das características, propriedades e comportamento de sistemas complexos que refletem sua resposta a ações externas e internas;
- objetivos e restrições mal definidos no projeto, planejamento, operação e tarefas de controle;
- necessidade de se considerar informações de caráter qualitativo;
- a impossibilidade de formalizar uma série de fatores e critérios;
- o papel significativo do fator humano na tomada de decisões.

Esta situação deve ser considerada natural e inevitável no contexto de sistemas complexos (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).

No entanto é necessário reduzir e/ou solucionar problemas em condições de incerteza, que está associada à necessidade de superação de algumas dificuldades, incluindo as de caráter conceitual. Sua redução a problemas matemáticos, formulados rigorosamente, é possível somente com base na desconsideração da incerteza através da introdução de hipóteses correspondentes. Considerando isso, surge a necessidade de utilizar modelos e métodos especiais para resolver os problemas em condições de incerteza (QUEIROZ, 2009), (PEREIRA JUNIOR, et al., 2016), (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011) e (MAIA, 2016).

Este processo de decisão é definido, na maioria dos casos, como o ato de realizar a identificação, avaliação, comparação, ordenação, priorização e escolha mais racional das alternativas. Métodos matemáticos e técnicas específicas provenientes das diversas disciplinas, como por exemplo, engenharias, sociologia, psicologia, economia e ciência política podem ser adotadas para ajudar indivíduos a tomarem decisões mais precisas e que podem impactar, inclusive, questões relevantes de sustentabilidade, conforme descrito por (PARREIRAS, EKEL, MARTINI, & PALHARES, 2010), (PEREIRA JUNIOR, et al., 2016) e (QUEIROZ, 2009).

A tomada de decisão envolve atividades de raciocínio formal ou intuitivo e pode ser baseada em suposições explícitas ou tácitas. Assim sendo é necessário que o decisor, que se utiliza de métodos de Tomada de Decisão, tenha ciência de forma sistêmica sobre os impactos ocasionados por suas escolhas conforme descrito por (PARREIRAS, EKEL, MARTINI, & PALHARES, 2010), (PEREIRA JUNIOR, et al., 2016), (PEREIRA, BAIÃO, & FISCHER, 1996), (MAIA, 2016) e (QUEIROZ, 2009).

No esquema proposto por (QUEIROZ, 2009), adaptado de (SIMON, 1977), e demonstrado na Figura 3 abaixo, dispõe que o processo de tomada de decisão começa com uma Fase Intelectual, na qual o problema é identificado, analisado e publicado. Na Fase de Projeto, um modelo que representa o sistema é construído a partir de considerações que simplificam a realidade e descrevem as relações entre todas as variáveis. O modelo é então validado e os critérios são definidos para a avaliação das alternativas de solução do problema. A Fase de Escolha inclui a seleção de uma das possíveis soluções propostas para o modelo. Esta solução é testada a fim de determinar a sua viabilidade. Se a solução escolhida for razoável, segue-se a Fase de Implementação.

Quando bem-sucedida esta fase, o esquema resulta na solução do problema. Uma falha provoca o retorno a uma das fases anteriores do processo que será novamente analisado.

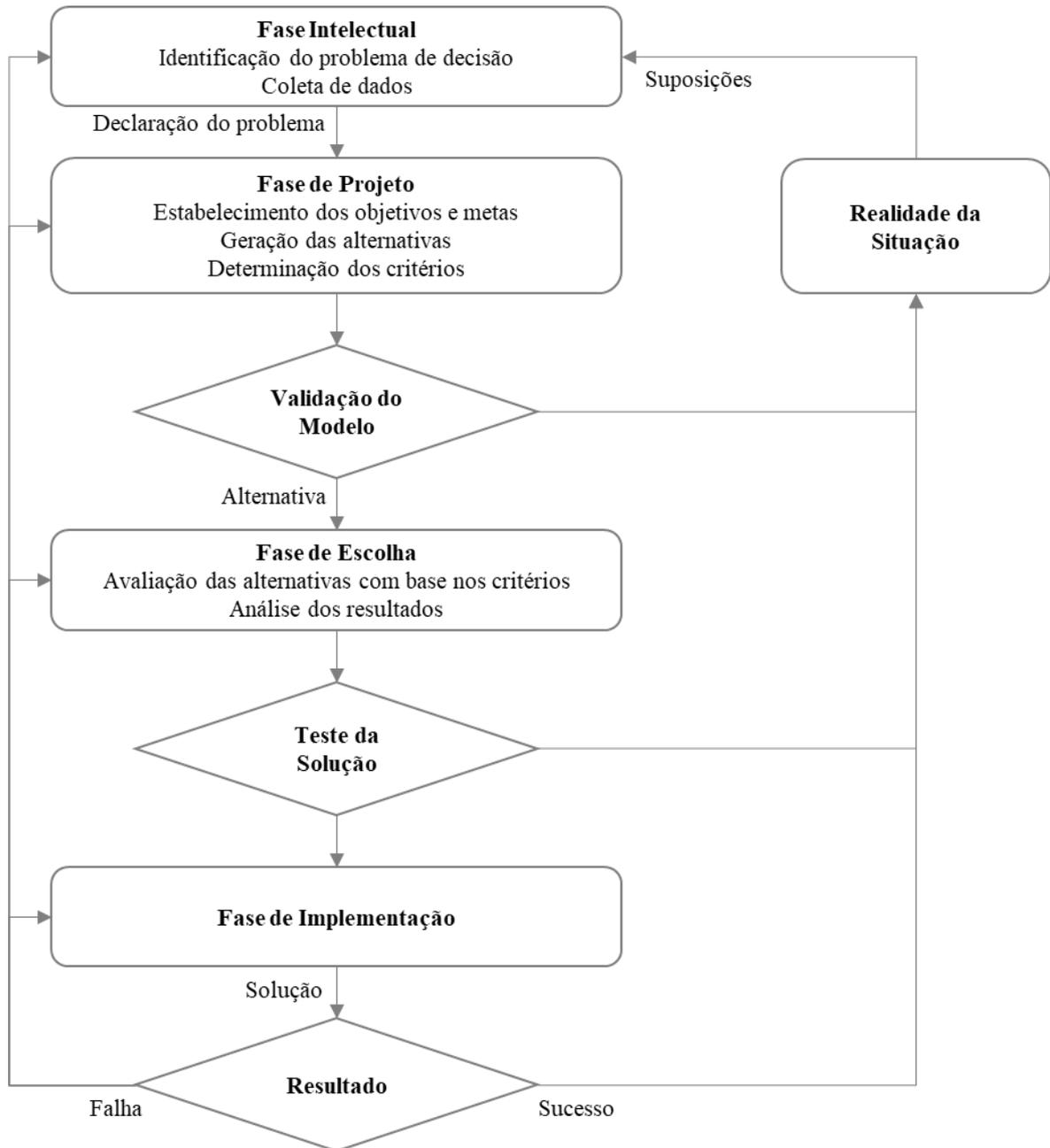


Figura 3 - Esquema de processo de tomada de decisão Queiroz (2009), adaptado de Simon (1977).

Conforme descrito no Capítulo 2, empresas enfrentam diariamente problemas de Tomada de Decisão para melhor atingir as metas estabelecidas em suas estratégias. Neste cenário, existem múltiplas metodologias que podem apoiar as empresas nos processos decisórios. Diferentes classes de problemas de tomada de decisão podem requerer diferentes modelos e métodos para a sua análise (QUEIROZ, 2009).

Conforme descrito em (LU, ZHANG, RUAN, & WU, 2007), uma dessas classes, as decisões individuais, são comumente tomadas em níveis gerenciais mais baixos e em empresas

de pequeno porte onde a disponibilidade de capital humano é limitada. As decisões em grupo são usualmente tomadas em níveis gerenciais mais altos e em empresas de maior porte. Neste cenário, os conflitos de preferência podem surgir na esfera individual, tomando maiores proporções quando tratados em grupo.

Os modelos de Tomada de Decisão são aplicados como suporte aos decisores. Segundo (QUEIROZ, 2009) e (MAIA, 2016) o custo de decisões equivocadas cresce em razão da complexidade das operações, automação e a reação em cadeia que um erro pode causar em vários setores da empresa, no sentido vertical e horizontal da organização, tendo em vista as contínuas mudanças no ambiente de negócios que aumentam as incertezas presentes em elementos impactantes, incluindo fontes de informação e a própria informação.

A disponibilidade de tecnologias de informação e sistemas de comunicação proporciona maior visibilidade do cenário empresarial e conseqüentemente exige maior agilidade na geração de alternativas para a solução de problemas (QUEIROZ, 2009).

Já o levantamento e tratamento de informações são importantes para a minimização do caráter de incerteza conforme tratado no Capítulo 2 e, assim, garantir a confiabilidade dos dados e a análise mais eficiente do método que deverá ser aplicado (NONAKA & TAKEUCHI, 1995), (PARREIRAS, EKEL, MARTINI, & PALHARES, 2010).

Ações que ampliem a confiabilidade dos dados armazenados e apoiem na análise eficiente destes dados tem motivado as organizações a procurar meios que possam auxiliar os processos de tomada de decisão e conseqüentemente aumentar a qualidade de suas decisões (MAIA, 2016).

De acordo com (QUEIROZ, 2009), muitos indicadores são utilizados para classificar os problemas de decisões. Uma das possibilidades de classificação, conforme descrito por (LU, ZHANG, RUAN, & WU, 2007) é baseada no arranjo e conformação do problema: estruturado, não estruturado ou semiestruturado. Tipos diferentes de problemas necessitam também modelos e métodos distintos de análise para a Tomada de Decisão:

- Em um problema estruturado, os procedimentos para obtenção da mais satisfatória solução, são conhecidos como métodos de solução padrão. Tais problemas podem ser geralmente descritos por modelos matemáticos de otimização clássicos;
- Um problema não estruturado é nebuloso (*fuzzy*), pois não se enquadra em nenhum método padrão. Neste caso a intuição humana é frequentemente a base para a tomada de decisão. Problemas típicos dessa natureza são comumente encontrados nas atividades de planejamento;

- Os Problemas semiestruturados apresentam elementos de problemas estruturados e não estruturados. Solucioná-los, envolve uma combinação de procedimentos de solução padrão e julgamento humano.

3.1 Modelos e Métodos de Tomada de Decisão Multicritério

O modelo de Tomada de Decisão Multicritério refere-se à tomada de decisão na presença de múltiplos e conflitantes critérios que acontecem cotidianamente e possuem as seguintes características (QUEIROZ, 2009):

- Possuem múltiplos critérios, que podem ser objetivos ou atributos;
- Apresentam conflitos entre os critérios;
- Apresentam diferentes unidades de medida para os critérios.

Segundo (MAIA, 2016) e (PEREIRA JUNIOR, et al., 2016), critérios são padrões de julgamento ou regras para testar a aceitabilidade em um processo de tomada de decisão. O termo multicritério representa os objetivos e/ou atributos. Os objetivos determinam a direção a ser seguida no processo de tomada de decisão, representados pelos decisores no espaço e tempo. Já os atributos são as características, qualidades ou parâmetros de performance das alternativas.

Sendo assim, é necessária a abordagem multicritério para resolver (PARREIRAS, EKEL, MARTINI, & PALHARES, 2010):

- problemas cujas consequências não podem ser estimadas com um único critério;
- problemas que, inicialmente, podem exigir um critério único, mas as suas soluções únicas são inatingíveis, devido à existência de regiões de incerteza na decisão, que pode ser contraído usando critérios adicionais.

De acordo com (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011) as questões fundamentais na solução de problemas multicritério são:

- normalização dos critérios;
- escolha do princípio de otimização;
- consideração de preferências da pessoa que toma decisão.

Dentre as dificuldades associadas à tomada de decisão multicritério, relacionamos o uso pouco eficaz das informações fornecidas pelo decisor. Estas são, normalmente, imprecisas e escassas. Desta forma é necessário modelar e utilizar informações fornecidas pelo decisor e suas incertezas ao processo de tomada de decisões (PEREIRA JUNIOR, et al., 2016).

Diante disso, apresentamos duas classes de métodos de Tomada de Decisão Multicritério, conforme proposto por (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011) como Multiatributo (chamados modelos $\langle X, R \rangle$) que está concentrado em problemas que trabalham com espaços discretos de decisão, e Multiobjetivo (chamados de modelos $\langle X, F \rangle$) que focam em problemas que trabalham com espaços contínuos de decisão e estão associados, principalmente, à programação matemática com múltiplas funções objetivo (funções que permitem diferenciar alternativas).

(QUEIROZ, 2009) mostra alguns conceitos e terminologias utilizados para compreender os métodos Multiobjetivo e Multiatributo como mostra o Quadro 1:

Quadro 1 - Conceitos e terminologias utilizados nos métodos Multiobjetivo e Multiatributo

Terminologia	Conceito
Decisor, Sujeito de Decisão, Agente de Decisão ou Tomador de Decisão	pessoa ou grupo de pessoas que, direta ou indiretamente, proporciona o juízo de valor final que poderá ser usado no momento de avaliar as alternativas disponíveis, com o objetivo de identificar a melhor escolha;
Moderador ou Analista	pessoa ou conjunto de pessoas (Grupo Moderador) encarregado de modelar o problema e eventualmente, fazer as recomendações e orientações relativas à seleção final.
Conjunto de Alternativas ou Conjunto de Escolha	é um conjunto finito, do ponto de vista prático, constituído por um número relativamente pequeno de elementos que permite alcançar os objetivos de uma operação. As alternativas devem ser diferentes, exaustivas (a inclusão de novas alternativas implica na reformulação do modelo) e excludentes (não são permitidas soluções mistas).
Coefficientes de Importância	são pesos ou importâncias atribuídas aos atributos a fim de diferenciá-los.

Fonte: Autora

O método Multiobjetivo é conhecido como o ramo contínuo da tomada de decisão multicritério. Seu objetivo principal é apoiar os decisores que precisam atender múltiplos objetivos e que, geralmente, são conflitantes e de difícil mensuração (QUEIROZ, 2009) e (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).

Para se enquadrar nesta classe, a composição do modelo contém vetores de variáveis de decisão, uma ou mais funções objetivo para determinação dos objetivos, além das restrições. O foco deste modelo é o de maximizar ou minimizar as funções (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011), (PARREIRAS, EKEL, MARTINI, & PALHARES, 2010), (MAIA, 2016).

Conforme descrito em (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011) e também descrito em (QUEIROZ, 2009) e (MAIA, 2016), os modelos que apresentam várias funções objetivo são denominados modelos $\langle X, F \rangle$. Este modelo é criado a partir de um vetor de funções objetivo $F(X) = \{f_1(X), f_2(X), \dots, f_p(X), \dots, f_q(X)\}$ e o problema consiste em otimizar a todas simultaneamente:

$$F(X) \rightarrow \underset{X \in L}{\text{extr}}, \quad (3)$$

onde L é o conjunto de soluções factíveis em \mathbb{R}^n e $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$.

Qualquer que seja a abordagem, a solução de um problema multiobjetivo deve contemplar as seguintes etapas:

- normalização das funções objetivo;
- considerar as respectivas prioridades dos objetivos.

A otimização de todas as funções de um determinado problema pode ser considerada ilusória, e desta forma não se pode aplicar conceitos de solução ótima diretamente para os problemas de otimização multiobjetivo. Também devemos considerar que uma aplicação racional deste modelo está associada ao fato de que as informações fornecidas pelo decisor, que normalmente são escassas e incertas, são de vital importância na utilização da abordagem multiobjetivo (PARREIRAS, EKEL, MARTINI, & PALHARES, 2010), (MAIA, 2016) e (QUEIROZ, 2009).

O método Multiatributo é caracterizado como o ramo discreto da tomada de decisão multicritério e compreende determinadas decisões de preferência (avaliação, comparação, escolha, priorização e ordenação) sobre um conjunto de alternativas, normalmente caracterizadas por múltiplos e conflitantes atributos (QUEIROZ, 2009). A principal característica da tomada de decisão multiatributo está, usualmente, associada a um número limitado de alternativas predeterminadas que devem satisfazer o nível exigido para os atributos (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).

A metodologia deste método de decisão se associa à soluções de problemas com os seguintes objetivos:

- conduzir a decisão à escolha de um subconjunto tão restrito quanto possível, tendo em vista a escolha final de uma única alternativa. Esse conjunto conterá as “melhores alternativas” ou as “alternativas satisfatórias”. O resultado pretendido é, portanto, uma escolha ou um procedimento de seleção.

- conduzir a decisão a uma triagem resultante da alocação de cada alternativa a uma categoria (ou classe). As diferentes categorias são definidas a priori com base em normas aplicáveis ao conjunto de alternativas. O resultado pretendido é, portanto, uma triagem ou um procedimento de classificação.
- conduzir a decisão a um arranjo obtido pelo reagrupamento de todas ou parte (as mais satisfatórias) das alternativas em classes de equivalência. Essas classes são ordenadas de modo completo ou parcial, conforme as preferências. O resultado pretendido é, portanto, um arranjo ou um procedimento de ordenação.
- conduzir a decisão a uma descrição, em linguagem apropriada, das alternativas e de suas consequências. O resultado pretendido é, portanto, uma descrição ou um procedimento cognitivo.

Matematicamente, um problema de tomada de decisão multiatributo típico pode ser formulado como:

Selecionar: X_1, X_2, \dots, X_n considerando: C_1, C_2, \dots, C_q

onde X_1, X_2, \dots, X_n representam as alternativas e C_1, C_2, \dots, C_q representam os atributos (critérios) sobre os quais serão avaliados o desempenho das alternativas. As informações envolvidas neste tipo de modelo podem ser expressas na forma matricial:

$$R = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_q \\ \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1q} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nq} \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad (4)$$

onde r_{ij} , sendo $i = 1, 2, \dots, n$ e $j = 1, 2, \dots, q$, que são valores associados a cada alternativa X_{ij} quando avaliada em relação ao atributo C_j .

Preferências têm relação direta com as pessoas que expressam suas próprias ideias, atitudes, motivações e personalidade. No intuito de melhor apoiar as escolhas nas relações de preferência, diversas formas de representação foram elaboradas. Dentre elas podemos citar os esquemas de ordenação de alternativas, as relações de preferência multiplicativas, o uso de funções de utilidade, as relações de preferência *fuzzy*, dentre outras (QUEIROZ, 2009), (MAIA, 2016), (PARREIRAS, EKEL, MARTINI, & PALHARES, 2010).

Conforme descrito por (QUEIROZ, 2009), dentre estas formas, as relações de preferência *fuzzy* são as que têm despertado maior interesse e aplicação. Dão origem a modelos

do tipo $\langle X, R \rangle$, que consideram um conjunto de alternativas, relações de preferência e atributos.

A análise de modelos $\langle X, R \rangle$ permite resolver os problemas de avaliação, comparação, ordenação, priorização e seleção das alternativas com base nos atributos, caracterizando uma situação de decisão.

Em sua forma matricial, gera uma matriz de preferências do tipo:

$$R = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \dots & X_n \\ \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix} \end{matrix}, \text{ Considerando: } C_1, \dots, C_k, \dots, C_q \quad (5)$$

onde r_{ij} , $i = 1, 2, \dots, n$, $j = 1, 2, \dots, q$ representa uma preferência da alternativa X_i em relação a X_j , quando avaliada em relação a um atributo C_k .

A análise de modelos $\langle X, R \rangle$ permite resolver os problemas de avaliação, comparação, ordenação, priorização e seleção de alternativas com base em atributos, o que caracteriza uma situação de decisão (QUEIROZ, 2009).

Os métodos de tomada de decisão Multiatributo podem, a princípio:

- avaliar alternativas mediante atributos quantitativos e qualitativos;
- comparar valores de naturezas distintas (referentes ao desempenho das alternativas);
- adequar de forma eficiente a metodologia empregada na ordenação e priorização das alternativas; e,
- selecionar a melhor alternativa.

É importante salientar que uma das mais importantes questões da otimização multicritério é a qualidade das soluções obtidas. Esta é considerada alta se os níveis de satisfação dos critérios são iguais ou próximos uns dos outros e se não distinguimos as importâncias das funções objetivo, também descritas como soluções harmoniosas (QUEIROZ, 2009).

3.1.1 Teoria de conjuntos Fuzzy

A teoria dos conjuntos *Fuzzy* tem como princípio básico a consideração de incerteza e imprecisão na solução de problemas. Dessa forma, a teoria permite que se trabalhe com descrições simplificadas da realidade, possibilitando com isto que modelagens de sistemas extremamente complexos possam ser realizadas e conclusões presumivelmente corretas possam ser obtidas (QUEIROZ, 2009). Algumas destas definições básicas são:

Um conjunto *fuzzy* F de X é definido por uma função de pertinência

$$\mu_F : X \rightarrow [0,1], \quad (6)$$

onde se atribui a cada elemento do conjunto X , um grau de pertinência $\mu_F (X_i)$, que representa o grau com que o elemento X_i pertence ao conjunto F . Desta forma, quanto mais próximo o grau de pertinência de 1, maior é a participação de X_i em F .

Um conjunto *fuzzy* F pode ser representado como um conjunto de pares ordenados dos elementos X_i e seus respectivos graus de pertinência $\mu_F (X_i)$:

$$F = \{(X_i, \mu_F (X_i)) | X_i \in X\}. \quad (7)$$

Quando X é um conjunto finito com n elementos, um conjunto *fuzzy* F de X então:

$$F = \{(X_i, \mu_F (X_i)), \dots, (X_n, \mu_F (X_n))\}. \quad (8)$$

Um conjunto *fuzzy* F é normal, se existe ao menos um elemento $X_i \in R$ tal que $\mu_F (X_i) = 1$. Onde $\alpha \in (0,1]$, α -corte de um conjunto *fuzzy* F , é o conjunto clássico

$$F_\alpha = \{X_i \in X | \mu_F (X_i) = \alpha\}. \quad (9)$$

qualquer conjunto *fuzzy* é determinado pelos seus α -cortes, definido como $[F_\alpha^L, F_\alpha^R]$. Um conjunto *fuzzy* F é convexo se todos os seus α -cortes são conjuntos convexas.

O suporte de um conjunto *fuzzy* F é

$$\text{sup}(F) = \{X_i \in X | \mu_F (X_i) \neq 0\}. \quad (10)$$

Um número *fuzzy* é um conjunto *fuzzy* F de X satisfaz:

- F é normal;
- F é convexo;
- F_α é um intervalo fechado para todo $\alpha \in (0,1]$; e
- O suporte de F é limitado.

3.2 Formatos de Preferência e suas Equivalências

Relações de Preferência são ferramentas matemáticas utilizadas para apreender e/ou expressar a preferência do decisor por uma alternativa possível em relação à outra. O uso dessa ferramenta será de extrema importância na análise dos modelos $\langle X, R \rangle$, objeto de aplicação deste trabalho.

Existem atualmente oito diferentes formatos de expressão de preferências entre alternativas (ZHANG, WANG, & YANG, 2007). Em processos decisórios, cada profissional envolvido na análise, comumente possui percepção própria do problema, um diferente formato de pensamento e acesso a fontes de informação. Dessa forma, é importante apresentar os vários formatos de preferência para que cada decisor possa escolher o formato que melhor se adequa a sua preferência para se expressar (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011). Segundo os autores, os cinco formatos fundamentais de preferência são:

1. ordenação das alternativas;
2. função de utilidade;
3. estimativas *fuzzy*;
4. relação de preferência multiplicativa;
5. relação de preferência *fuzzy*.

Através destes, é possível preparar as informações para a grande maioria dos problemas de tomada de decisão em situações reais.

O Quadro 2, resume as principais características destes cinco formatos de relações de preferência supracitados, bem como as formas de conversão entre eles propostas por (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).

Quadro 2 - Formatos de preferência

Nome	Descrição	Formato de preferência
Ordenação das Alternativas	Um especialista responsável pela tomada de decisão pode não saber dizer qual é a melhor alternativa em relação à outra, mas ele sabe ordenar as alternativas em termos de preferência absoluta ¹ .	A Ordem das Alternativas é expressa através de um vetor $O = [o(x_1), o(x_2), \dots, o(x_n)]$, onde $o(x_k)$ é uma função de permuta que retorna a posição Frequentemente, da alternativa x_k dentre os valores inteiros $\{1, 2, 3, \dots, n\}$, sendo 1 a melhor alternativa e n a pior.
Função de utilidade	Os termos "função de utilidade" e "função de valor" são utilizados para se referir a dois tipos de modelos de preferência. A teoria da utilidade lida com modelos de preferência para decisões de risco, ou seja, decisões envolvendo alternativas cujas resultantes são incertas e, conseqüentemente, envolvam riscos.	A representação das preferências de um decisor com o uso da função de preferência é chamada função de utilidade $U(x): X \rightarrow [0, 1]$ (por convenção, o valor mais alto da função de utilidade é igual para um e seu valor mais baixo é igual a zero). Na literatura, podemos distinguir entre dois tipos principais de funções de utilidade: o ordinal e o cardinal.
Estimativas Fuzzy	São termos linguísticos que são convertidos em estimativa Fuzzy, assim que analisados pelos especialistas, tornando a decisão mais intuitiva e efetiva do que interpretações numéricas.	Os elementos de x podem ser diretamente avaliados com o uso de estimativas fuzzy $L = \{l(x_1), \dots, l(x_n)\}$, sendo $l(x_n)$ a estimativa fuzzy associada à alternativa x_k sob a ótica do critério C . A Estimativa Fuzzy é um número fuzzy que pode ser especificado diretamente ou através de uma variável linguística S , por exemplo, $S(F) = \{\text{muito pobre, pobre, médio, bom, muito bom}\}$; neste caso, a variável linguística deve ser traduzida em uma Estimativa Fuzzy.
Relações de Preferência Multiplicativa	A relação de preferência multiplicativa pode ser representada por uma matriz $RM_{n \times n}$ recíproca e positiva que reflete a intensidade de preferência relativa entre as n alternativas de acordo com o Método Análise Hierárquico (SAATY & PENIWATI, 2013).	Cada uma das entradas $RM(x_l, x_k)$ representa uma razão de intensidade de preferência que pode ser interpretada como " x_k é $RM(x_l, x_k)$ vezes mais dominante que x_l " ou " x_k é $RM((x_l, x_k)$ vezes tão bom quanto x_l " (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).
Relações de Preferência Fuzzy	As Relações de Preferência Fuzzy são a forma mais genérica para representação de relações de preferência. Todas as demais formas de representação de preferência podem ser convertidas em Relações de Preferência Fuzzy	A apresentação de uma Relações de Preferência Fuzzy é feita através de uma matriz $R_{Cq} = [X \times X, \mu_{RCq}(x_{kl})]$, $x_k, x_l \in X$, onde $\mu_{RCq}: X \times X \rightarrow [0, 1]$ e $\mu_{RCq}(x_{kl})$ denota o grau de preferência e/ou intensidade de x_k sobre x_l , para um critério C_q (QUEIROZ, 2009).

Fonte: Autora

Abaixo algumas informações complementares sobre Relações de Preferência Fuzzy que será utilizado na próxima sessão.

¹ Entenda-se por relativa uma alternativa x_k em relação à outra x_l e por absoluto uma alternativa em relação a um conjunto de alternativas. Ex.: melhor alternativa ou a pior alternativa.

3.2.1 Relações de Preferência Fuzzy

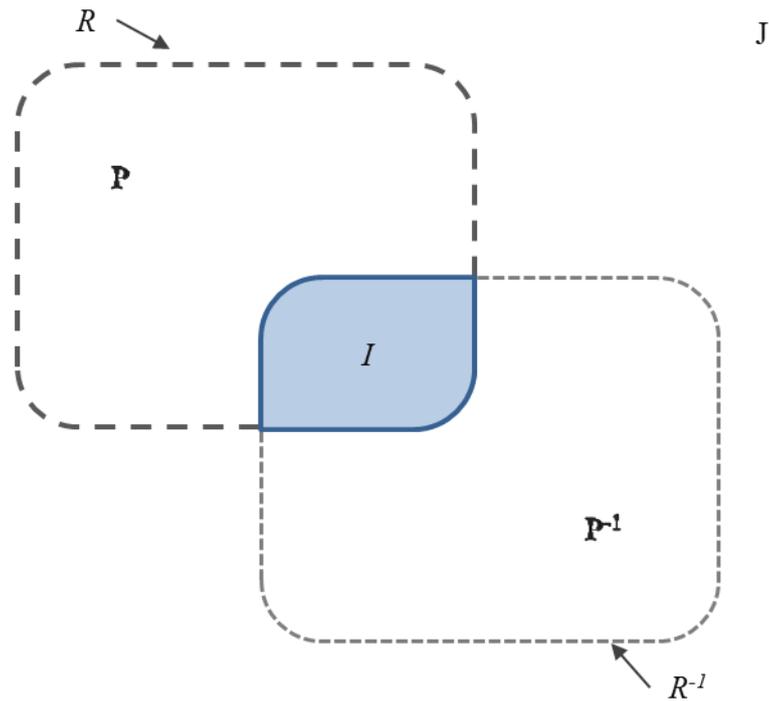
Quando um especialista compara um par de alternativas x_k e x_l para expressar seu grau de preferência entre elas, podemos especificar quatro possíveis medidas (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011):

- 1) Indiferença (I): quando ambas as alternativas satisfazem igualmente bem aos interesses do especialista;
- 2) Incomparabilidade (J): Quando o especialista não consegue expressar sua opinião acerca de qual a melhor dentre as alternativas;
- 3) Preferência Estrita (P): quando o especialista claramente consegue distinguir qual das duas é a melhor alternativa;
- 4) Preferência não Estrita (R): $R(x_k, x_l)$ reflete o grau em que “ x_k é pelo menos tão bom quanto x_l ”, ou “o grau em que x_k é não pior que x_l ”, ou ainda “o grau em que x_k fracamente domina x_l ”. A Preferência não Estrita também é conhecida como Preferência *Fuzzy* Ampla ou Preferência *Fuzzy* Fraca.

A

Figura 4 abaixo demonstra as relações entre I , J , P e R .

Figura 4 - Partição de $X \times X$ e relações entre P , I , J , R



Fonte: (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011)

Em (ORLOVSKY, 1983) o autor propõe derivar P a partir de R utilizando (50) e derivar I a partir de R da seguinte maneira:

$$I(x_k, x_l) = \min(R(X_k, X_l), R(X_l, X_k)). \quad (11)$$

A forma mais intuitiva para construção de uma Relação de Preferência *Fuzzy* é fazer a derivação a partir de Estimativas *Fuzzy*, para isso faz-se necessário ordenar quantidades *fuzzy*.

Conforme descrito em 3.3, os autores (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011) elegeram os resultados de (ORLOVSKY, 1983) como os mais adequados para esta construção de uma derivação a partir de estimativas *Fuzzy*. Baseados no conceito de uma função de pertinência de relação de preferência generalizada, que pode ser representada de tal forma:

$$\mu(\Phi(X_k), \Phi(X_l)) = \sup_{f(X_k), f(X_l) \in \Phi} \min(\Phi(f(X_k)), \Phi(f(X_l)), E(\Phi(X_k), \Phi(X_l))) \quad (12)$$

$$\mu(\Phi(X_l), \Phi(X_k)) = \sup_{f(X_l), f(X_k) \in \Phi} \min(\Phi(f(X_l)), \Phi(f(X_k)), E(\Phi(X_k), \Phi(X_l))), \quad (13)$$

onde $f(X_k)$ e $f(X_l)$ representam números reais que refletem o valor do atributo Φ (futuramente, da função objetivo f) para as alternativas X_k e X_l ;

e $\Phi(f(X_k))$ e $\Phi(f(X_l))$ representam as funções de pertinência dos conjuntos *fuzzy* tomadas no ponto $f(X_k)$ e $f(X_l)$, respectivamente;

também $E(\Phi(X_k), \Phi(X_l))$ e $E(\Phi(X_l), \Phi(X_k))$ são funções de pertinência que refletem como X_k e X_l devem ser interpretados (“mais fácil”, “mais atraente”, “mais flexível”, etc.).

Há várias formas possíveis de se codificar as Relações de Preferência *Fuzzy*, (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011) destacam duas principais:

3.2.1.1 Relação de Preferência Fuzzy Recíproca Aditiva (RR)

São um tipo de preferência não estrita. Para sua codificação é sugerido o seguinte conjunto de regras:

- $RR(X_k, X_l) = 0,5$ indica indiferença entre X_k e X_l
- $0,5 < RR(X_k, X_l) \leq 1$ indica que há preferência por X_k em relação a X_l
- $0 \leq RR(X_k, X_l) < 0,5$ indica que há preferência por X_l em relação a X_k ;
- Dado um valor de $RR(X_k, X_l)$, o valor de $RR(X_l, X_k)$ é automaticamente inferido como $1 - RR(X_k, X_l)$, como consequência da propriedade de reciprocidade aditiva.

Como qualquer outro tipo de relação de preferência, onde há comparação aos pares entre alternativas, o processo de elicitación dos valores pode acrescentar inconsistência à *RR*, porém a consistência da matriz é de suma importância para a qualidade de sua análise.

Em (CHICLANA, HERRERA, & HERRERA-VIEDMA, 2001) os autores discutem a propriedade de transitividade das *RR* e apontam algumas formas de se verificar a consistência de uma matriz *RR*, dentre as quais, a Transitividade Aditiva, onde

$$\begin{aligned} (RR(X_k, X_j) - 0,5) &= (RR(X_k, X_l) - 0,5) + (RR(X_l, X_j) - 0,5), \\ \forall k, j, l &\in \{1, 2, \dots, n\} \end{aligned} \tag{14}$$

é a mais intuitiva e utilizada (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).

3.2.1.2 Relação de Preferência Fuzzy Não Recíproca (RN)

Assim como RR, as RN são um tipo de preferência não estrita. Estas que surgem quando da derivação de Estimativas *Fuzzy*. Conforme (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011) e (QUEIROZ, 2009), para sua codificação é sugerido o seguinte conjunto de regras:

- Se $RN(X_k, X_l) = 1$ e $RN(X_l, X_k) = 1$, então X_k é indiferente a X_l
- Se $RN(X_k, X_l) = 1$ e $RN(X_l, X_k) = 0$, então X_k é estritamente preferido a X_l
- Se $RN(X_k, X_l) = 0$ e $RN(X_l, X_k) = 1$, então X_l é estritamente preferido a X_k ;
- Se $RN(X_k, X_l) = 0$ e $RN(X_l, X_k) = 0$, então X_k e X_l não podem ser comparados;
- a diagonal principal é preenchida com 1, dada a propriedade reflexiva da relação de preferência não-estrita $RN(X_k, X_l)$.

Também são aceitos julgamentos intermediários que devem atender a:

- Se $0 \leq RN(X_k, X_l) < 1$ e $RN(X_l, X_k) = 1$, então há certa preferência por X_l em relação a X_k ;
- Se $RN(X_k, X_l) = 1$ e $0 \leq RN(X_l, X_k) < 1$, então há certa preferência por X_k em relação a X_l ;
- Se $0 \leq RN(X_k, X_l) < 1$ e $RN(X_l, X_k) = 0$, então há certa preferência por X_l em relação a X_k , ao mesmo tempo em que X_k e X_l não são completamente comparáveis;
- Se $RN(X_k, X_l) = 0$ e $0 \leq RN(X_l, X_k) < 1$, então há certa preferência por X_k em relação a X_l , ao mesmo tempo em que X_l e X_k não são completamente comparáveis.

3.3 Conversão Entre Formatos e Relações de Preferência

Quando há necessidade de uma análise conjunta de informações expressas em diferentes formatos de preferência, elas devem ser unificadas/normalizadas sob uma mesma forma antes de serem trabalhadas (QUEIROZ, 2009).

Sendo assim, é necessário trabalhar o aperfeiçoamento de conversões entre formatos de preferência no intuito de se alcançar o objetivo deste trabalho.

A seguir apresentamos as funções de transformação escolhidas para conversão entre os formatos citados e suas contribuições.

3.3.1 Conversões para RR

A. Ordem das Alternativas - $O \rightarrow RR$

$$RR_i(X_k, X_l) = H_i(o_k, o_l) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{o_l + o_k}{n-1} \right), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (15)$$

onde $O = [o_1, o_2, \dots, o_n]$ é o vetor de preferências ordenado. Esta conversão preserva transitividade (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).

B. Relação de Preferência Multiplicativa - $RM \rightarrow RR$

$$RR(X_k, X_l) = \frac{1}{2} (1 + \log_m RM(X_k, X_l)), \quad (16)$$

onde m é o limite superior e $1/m$ é o limite inferior da escala escolhida.

Este modelo preserva e verifica transitividades se

$$RR(X_k, X_j) + RR(X_j, X_l) + RR(X_l, X_k) = \frac{3}{2} \quad (17)$$

Conforme descrito em (CHICLANA, HERRERA, & HERRERA-VIEDMA, 2001); (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).

C. Relação de Preferência *Fuzzy* Não Recíproca - $RN \rightarrow RR$

$$RR(X_k, X_l) = \frac{1}{2} (1 + RN(X_k, X_l) - RN(X_l, X_k)) \quad (18)$$

$$RR(X_k, X_l) = \frac{RN(X_k, X_l)}{RN(X_k, X_l) + RN(X_l, X_k)} = \frac{1}{1 + \frac{RN(X_l, X_k)}{RN(X_k, X_l)}} \quad (19)$$

$$RR(X_k, X_l) = \frac{RN(X_k, X_l)^2}{RN(X_k, X_l)^2 + RN(X_l, X_k)^2} = \frac{1}{1 + \left(\frac{RN(X_l, X_k)}{RN(X_k, X_l)} \right)^2} \quad (20)$$

Deve-se escolher entre (18), (19) e (20) conforme a significância da diferença e/ou da razão entre as relações de preferência no formato original.

Este modelo satisfaz a transitividade multiplicativa e (18) satisfaz a transitividade aditiva se

$$\begin{aligned} & \left(1 + RN(X_k, X_j) - RN(X_j, X_k)\right) + \left(1 + RN(X_j, X_l) - RN(X_l, X_j)\right) \\ & + \left(1 + RN(X_k, X_l) - RN(X_l, X_k)\right) = 3 \end{aligned} \quad (21)$$

Conforme (CHICLANA, HERRERA, & HERRERA-VIEDMA, 2001).

3.3.2 Conversões para RN

A. Relação de Preferência *Fuzzy* Recíproca Aditiva - $RR \rightarrow RN$

$$RN(X_k, X_l) = \begin{cases} 1 + RR(X_k, X_l) - RR(X_l, X_k), & \text{se } RR(X_k, X_l) < 0,5 \\ 1, & \text{se } RR(X_k, X_l) \geq 0,5 \end{cases} \quad (22)$$

$$RN(X_k, X_l) = \begin{cases} \frac{RR(X_k, X_l)}{RR(X_l, X_k)}, & \text{se } RR(X_k, X_l) < 0,5 \\ 1, & \text{se } RR(X_k, X_l) \geq 0,5 \end{cases} \quad (23)$$

$$RN(X_k, X_l) = \begin{cases} \left(\frac{RR(X_k, X_l)}{RR(X_l, X_k)}\right)^{\frac{1}{2}}, & \text{se } RR(X_k, X_l) < 0,5 \\ 1, & \text{se } RR(X_k, X_l) \geq 0,5 \end{cases} \quad (24)$$

A equação (22) deve ser usada quando fizer sentido a diferença entre $RR(xk, xl)$ e $RR(xl, xk)$ e as equações (23) ou (24) devem ser usadas quando fizer sentido uma relação multiplicativa entre xl e xk . Conforme (QUEIROZ, 2009) e (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).

B. Ordenação das Alternativas - $O \rightarrow RN$

$$RN(X_k, X_l) = \begin{cases} \frac{1}{2} + \frac{o_l - o_k}{2(n-1)}, & \text{se } o_k > o_l \\ 1, & \text{se } o_k \leq o_l \end{cases} \quad (25)$$

A equação (25) é obtida substituindo-se (13) em (20), conforme (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).

C. Relação de Preferência Multiplicativa - $RM \rightarrow RN$

$$RN(X_k, X_l) = \begin{cases} 1 + \frac{1}{2} \log_m \frac{RM(X_k, X_l)}{RM(X_l, X_k)}, & \text{se } \log_m M(X_k, X_l) < 0 \\ 1, & \text{se } \log_m M(X_k, X_l) \geq 0 \end{cases} \quad (26)$$

A equação (26) é obtida substituindo-se (16) em (18), conforme (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).

3.4 Modelos Discretos de Tomada de Decisão Multiatributo (Modelos $\langle X, R \rangle$)

O problema da tomada de decisão pode ser apresentado como um par (X, R) onde $R = [R_1 R_2 \dots R_p \dots R_q]$ é um vetor de relações de preferência difusa que pode ser apresentado da seguinte forma:

$$R_p(X_k, X_l) : X \times X \rightarrow [0, 1], \quad k, l = 1, 2, \dots, n, \quad p = 1, 2, \dots, q \quad (27)$$

$R_p(X_k, X_l) : X \times X \rightarrow [0, 1]$ é uma função de relação de preferência *fuzzy*.

Anteriormente, analisamos o uso de diferentes formatos de preferências para a apresentação de informações iniciais para a tomada de decisão e a racionalidade de se utilizar relações de preferência *fuzzy* para uma representação de preferência uniforme (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).

No item 3.2 tratamos das questões de conversão de diferentes formas de preferência em relações de preferência *fuzzy*.

Nesta sessão apresentamos as abordagens para a avaliação, comparação, escolha, priorização e / ou ordenação de alternativas com base nas informações apresentadas em (27). Discutiremos a seguir três técnicas diferentes de análise multiatributo de alternativas em um ambiente *fuzzy* (modelos $\langle X, R \rangle$) que são diretamente baseadas na noção de função de escolha de Orlovsky (ORLOVSKY, 1983), onde R denota relações de preferência não restritas e difusas.

3.5 Técnicas básicas de análise de Modelos $\langle X, R \rangle$

Primeiramente, consideremos a criação de uma única relação de preferência não estrita difusa R , que pode ser processada para construir uma relação de preferência estrita difusa P .

Particularmente, $(X_k, X_l) \in P$ significa que X_k é estritamente melhor do que X_l (isto é, $X_k > X_l$). Utilizando-se das operações em conjuntos *fuzzy*, é possível definir a relação de preferência estrita *fuzzy* P exclusivamente em termos da relação de preferência não estrita difusa R , conforme

$$P = R \cap_T R^d, P \cap_T P^{-1} = \emptyset \quad (28)$$

Para fins práticos, uma maneira possível de derivar a relação de preferência rígida *fuzzy* P de uma relação de preferência não estrita difusa é por meio da expressão

$$P(X_k, X_l) = \max(R(X_k, X_l) - R(X_l, X_k), 0) \quad (29)$$

Conforme segue, (29) desempenha um papel importante, pois permite que se realize a escolha ou a classificação das alternativas.

Podemos notar que $P(X_l, X_k), \forall X_k \in X$, é uma função de associação do conjunto *fuzzy* de todos os X_k que são estritamente dominados por X_l .

Naturalmente, a relação complementar $P^c(X_l, X_k) = 1 - P(X_l, X_k), \forall X_k \in X$ que se refere a

$$\bar{R}(X_k, X_l) = 1 - P(X_k, X_l) \quad (30)$$

para a definição de relação complementar, gerando um conjunto *fuzzy* de alternativas que não são dominadas por X_l .

Assim, para encontrar um conjunto de alternativas de X que não são dominadas por outras alternativas, basta encontrar a relação de preferência *fuzzy* que corresponde à interseção de todos os $P^c(X_l, X_k), X_k \in X$, em todos os $X_l \in X$ (ORLOVSKY, 1983); (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).

Esta interseção, que corresponde ao conjunto *fuzzy* de alternativas não dominantes, pode ser implantada da seguinte forma:

$$ND(X_k) = \min_{X_l \in X} (1 - P(X_l, X_k)) = 1 - \max_{X_l \in X} P(X_l, X_k) \quad (31)$$

Desta forma, (31) permite avaliar o nível de não dominância de cada X_k alternativo. Considerando que é natural escolher alternativas que ofereçam o maior nível de não dominância, pode-se escolher alternativas X^{ND} de acordo com a seguinte expressão:

$$X^{ND} = \left\{ X_k^{ND} \mid X_k^{ND} \in X, ND(X_k^{ND}) = \max_{X_k \in X} ND(X_k) \right\} \quad (32)$$

As expressões (30), (31) e (32) podem ser utilizadas para resolver problemas de escolha, bem como outros problemas relacionados à avaliação, comparação, escolha, priorização e / ou ordenação de alternativas com um único critério. Essas expressões também podem ser aplicadas quando R é um vetor de relações de preferência difusa (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).

3.5.1 Primeira Técnica

Consideremos a primeira técnica para lidar com um vetor de relações de preferência difusa R (ORLOVSKY, 1983). As expressões (29), (31) e (32) são aplicáveis se tomarmos a interseção $R = \cap_{p=1}^q R_p$ com a função de associação

$$R(X_k, X_l) = \min_{1 \leq p \leq q} R_p(X_k, X_l), \quad X_k, X_l \in X \quad (33)$$

Notemos que o uso de um operador de interseção para agregar as relações de preferência difusa em (33) reflete a necessidade de satisfazer todos os critérios simultaneamente em sentido estrito, ou seja, podemos interpretar (33) como uma necessidade de satisfazer $C_1, C_2, \dots, C_p, \dots, C_q$. O conjunto X^{ND} cumpre o papel de um conjunto de Pareto (ORLOVSKY, 1983). Sua contração é possível com base na diferenciação da importância de $R_p, p = 1, \dots, q$, com o uso da convolução:

$$T(X_k, X_l) = \sum_{p=1}^q \lambda_p R_p(X_k, X_l), \quad X_k, X_l \in X \quad (34)$$

onde λ_p , $p = 1, \dots, q$ são fatores de importância dos critérios correspondentes, definidos como

$$\lambda_p \geq 0, \quad p = 1, 2, \dots, q \quad (35)$$

$$\sum_{p=1}^q \lambda_p = 1 \quad (36)$$

A construção de $T(X_k, X_l)$, $X_k, X_l \in X$, nos permite obter a função de associação $NDT(X_k)$ do conjunto de alternativas *fuzzy* não classificadas de acordo com uma expressão semelhante a (31). A interseção

$$Q(X_k) = \min(ND(X_k), NDT(X_k)), \quad X_k \in X \quad (37)$$

conforme (PARREIRAS, EKEL, MARTINI, & PALHARES, 2010) e (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011) nos fornece um conjunto de alternativas com o nível mais alto de não dominância

$$X^{ND} = \left\{ X_k^{ND} \mid X_k^{ND} \in X, Q(X_k^{ND}) = \sup_{X_k \in X} Q(X_k) \right\} \quad (38)$$

3.5.2 Segunda Técnica

As expressões (31) e (32) podem servir de base para a construção da segunda técnica que é de caráter lexicográfico, e se baseia na aplicação passo-a-passo de critérios para comparar alternativas.

Esta técnica permite que se construa uma seqüência X^1, X^2, \dots, X^q para que $X \supseteq X^1 \supseteq X^2 \supseteq \dots \supseteq X^q$ (Ekel, Pedrycz e Schinzinger, 1998; Ekel, 2001; Ekel, 2002) e (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011). Este processo se controla a partir das seguintes expressões:

$$ND^p(X_k) = \min_{X_l \in X^{p-1}} (1 - P_p(X_l, X_k)) = 1 - \max_{X_l \in X^{p-1}} P_p(X_l, X_k), \quad p = 1, 2, \dots, q \quad (39)$$

$$X^p = \left\{ X_k^{ND.p} \mid X_k^{ND.p} \in X^{p-1}, ND^p(X_k^{ND.p}) = \max_{X_l \in X^{p-1}} ND^p(X_k) \right\} \quad (40)$$

3.5.3 Terceira Técnica

Para aplicar a terceira técnica utilizamos (31) na forma

$$ND(X_k) = 1 - \max_{X_l \in X} P_p(X_l, X_k), \quad P = 1, 2, \dots, q \quad (41)$$

que nos permite construir as funções de associação do conjunto *fuzzy* de alternativas não dominantes para cada relação de preferência difusa.

Os conjuntos *fuzzy* $ND_p(X_k), p = 1, 2, \dots, q$, podem ser agregados com o uso de um operador de interseção para refletir a necessidade de satisfazer $C_1, C_2, \dots, C_p, \dots, C_q$.

Portanto, uma função

$$ND(X_k) = \min_{1 \leq p \leq q} ND_p(X_k) \quad (42)$$

para obter X^{ND} .

Se for necessário diferenciar a importância das múltiplas relações de preferência, é possível transformar (42) da seguinte maneira:

$$ND(X_k) = \min_{1 \leq p \leq q} (ND_p(X_k))^{\lambda_p} \quad (43)$$

O uso de (43) não requer a normalização de $\lambda_p, p = 1, \dots, q$, da maneira semelhante a (36) segundo (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).

3.6 Tomada de decisão individual e em grupo

Após a avaliação e/ou comparação das alternativas, construímos preferências e preparamos as informações para posterior análise (PARREIRAS, EKEL, MARTINI, & PALHARES, 2010); (QUEIROZ, 2009). Esta preparação está associada à redução direta ou sequencial da região de incerteza das soluções e inclui duas etapas:

1) Agregação das preferências: onde, primeiramente, é necessário escolher uma das modalidades possíveis para agregação das preferências individuais (levando em conta um ou mais critérios), ou em grupo sobre as alternativas, bem como os operadores de agregação desejados. Durante este processo é possível priorizar, valorizar ou distinguir pessoas e/ou critérios através da atribuição de coeficientes de importância associados a aspectos como conhecimento do problema, importância e influência na corporação, e

2) Ordenação das alternativas: onde as alternativas são ordenadas em função dos critérios associados à intensidade das preferências expressas sobre cada alternativa. Basicamente, ela estabelece uma diferenciação entre as possibilidades de soluções em um conjunto de soluções possíveis, com base nas quantidades associadas às preferências.

Em relação a forma de agregação das preferências, temos a seguir:

3.6.1 Tomada de Decisão Multicritério Individual

Conforme descrito em (QUEIROZ, 2009), o decisor deve inicialmente formular as alternativas de solução do problema e em seguida estabelecer as suas apreciações sobre cada uma delas, observando cada critério de forma isolada. Para expressar a sua opinião sobre as alternativas, ela pode escolher uma ou mais estruturas de representação de preferências, que podem demandar uma transformação das informações, no intuito de reduzi-las a relações de preferência *fuzzy*. Estas preferências são reunidas levando em consideração todos os critérios de forma simultânea. Em seguida, as alternativas são ordenadas de acordo com a intensidade das preferências. Sobre este conjunto ordenado de alternativas, é tomada a decisão (Figura 5).

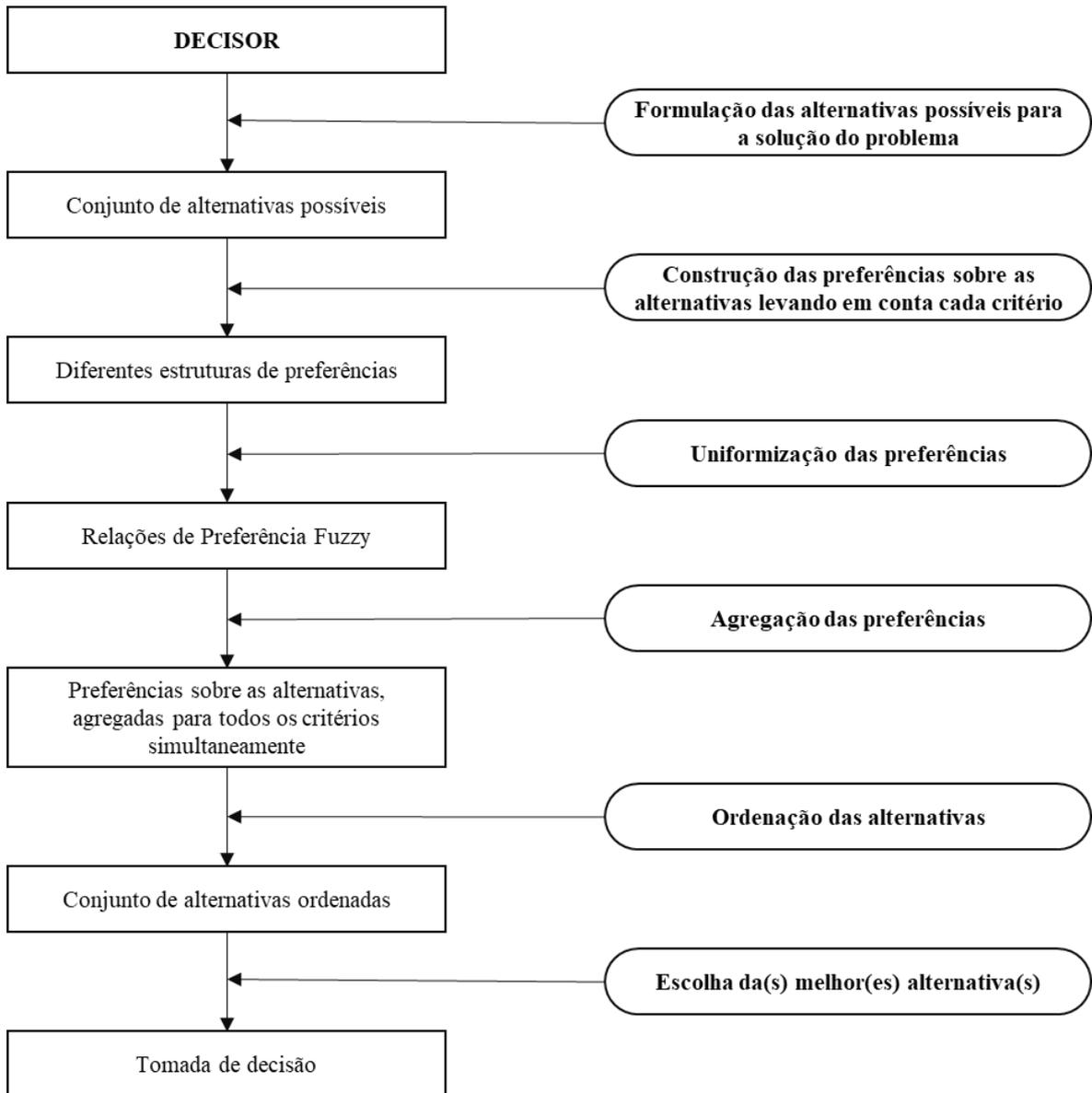


Figura 5 - Esquema geral para tomada de decisão multicritério individual

Caso a solução alcançada não satisfaça a opinião do decisor, este pode rever as suas preferências e mudar uma ou mais posições iniciais a respeito de um ou mais critérios.

Porém, é favorável manter a situação inicial, dada inexistência de confronto com outras possibilidades e pelo paradigma da primeira impressão ser a mais correta.

3.6.2 Tomada de Decisão Multicritério em Grupo

Já na tomada de decisão em grupo de acordo com (PARREIRAS, EKEL, MARTINI, & PALHARES, 2010), torna-se necessário construir uma opinião coletiva do grupo por meio das opiniões individuais e agregação das preferências associadas, com cada critério de decisão, que

refletem simultaneamente todos os critérios de forma global. Além disso, as ideias tornam se menos pessoais e os conflitos gerenciais são minimizados.

Conforme demonstrado na Figura 6 e descrito por (QUEIROZ, 2009), no esquema de tomada de decisão multicritério em grupo os decisores formulam inicialmente as alternativas de solução do problema e em seguida expressam as suas preferências sobre estas alternativas. A agregação das preferências e a ordenação das alternativas geram uma solução de grupo, que deve ser analisada, discutida e avaliada.

Ao confrontarmos as opiniões particulares com a opinião de grupo, alguns participantes podem querer rever e alterar a sua posição inicial, o que gera uma nova solução. Todo o processo pode ser revisitado e assim gerar uma sucessão de rodadas, podendo continuar até que haja mínima concordância entre as partes. Nestes casos, os decisores devem trabalhar de forma cooperativa, sempre em busca de uma solução satisfatória (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011); (QUEIROZ, 2009) e (MAIA, 2016).

Em geral, a melhor solução é aquela que demonstra o maior nível de aceitação entre os decisores. Para se realizar processos de decisão multicritério em grupo é necessário realizar operações de agregação das preferências, construindo uma opinião coletiva do grupo por meio das opiniões individuais e associando com cada critério de decisão e que, posteriormente, refletem simultaneamente todos os critérios de forma global (PARREIRAS, EKEL, MARTINI, & PALHARES, 2010).

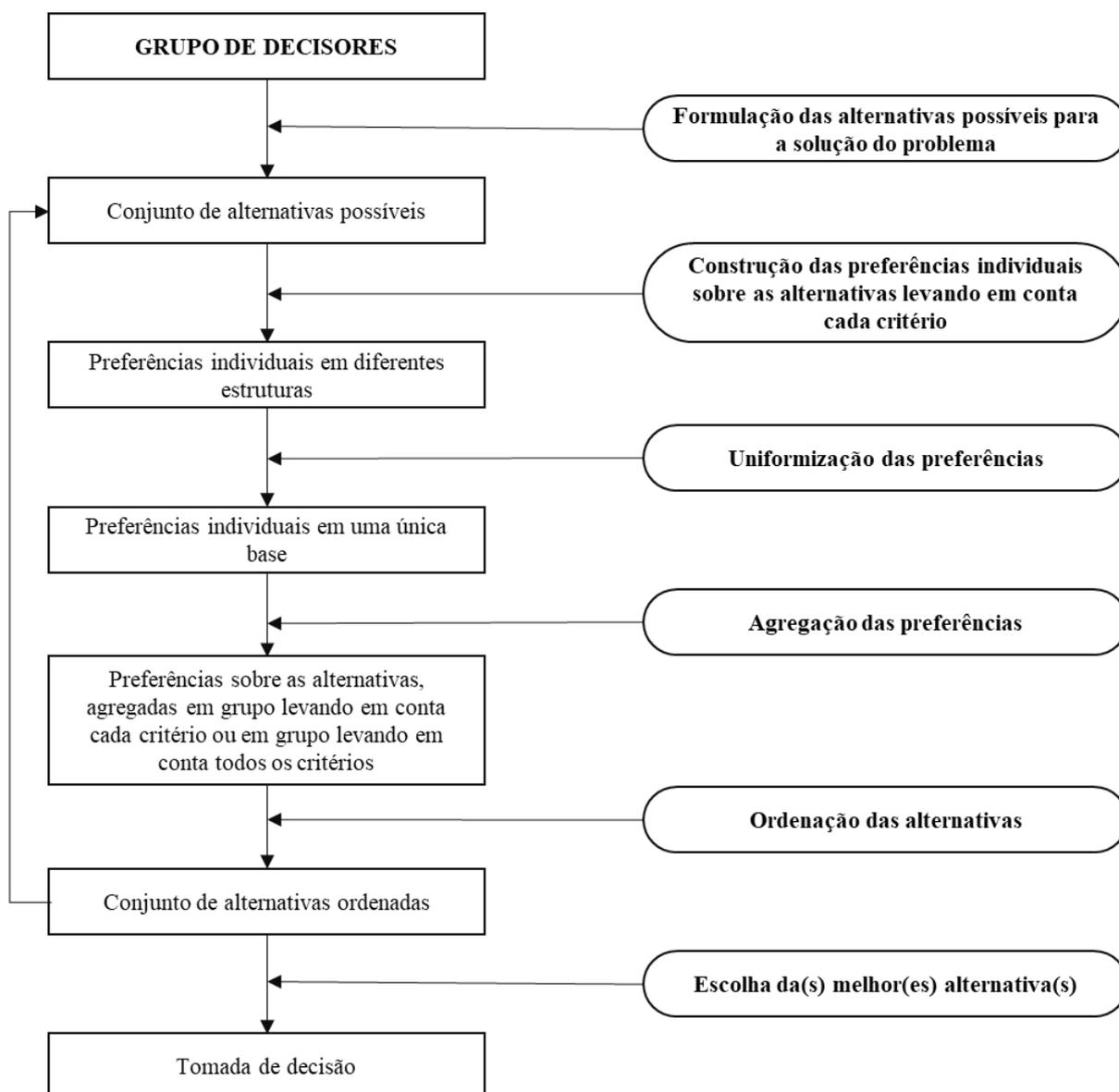


Figura 6 – Adaptação de esquema geral para tomada de decisão multicritério em grupo

Para (SAATY & PENIWATI, 2013) as decisões tomadas em grupo são mais eficazes devido à capacidade de discussão e envolvimento das pessoas. A realização do trabalho em grupo torna a decisão mais confiável a partir da influência nas mentes das pessoas envolvidas na atividade.

Conforme (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011), problemas de decisão em grupo envolvem os seguintes elementos principais:

a) um conjunto de alternativas $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, que é finito, discreto, e contém duas ou mais alternativas.

b) um conjunto de critérios $C = \{C_1, C_2, \dots, C_q\}$, com dois ou mais critérios de natureza quantitativa ou qualitativa.

c) equipe de especialistas envolvidos no processo de decisão $E = \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$, que contém dois ou mais profissionais qualificados.

Também segundo os autores, as principais características de tomada de decisão em grupo são:

- a) a realização de uma determinada tarefa em grupo,
- b) a geração de ideias em favor da solução de determinado problema,
- c) a possibilidade de que os decisores participantes estejam juntos ou não,
- d) os decisores podem pertencer ou não a uma mesma corporação,
- e) o grupo pode ser de níveis hierárquicos diferentes,
- f) podem ocorrer opiniões divergentes, e
- g) quando é necessário realizar a tomada de decisão em um curto prazo.

Neste ambiente, pode ocorrer situações cooperativas ou não cooperativas. No ambiente cooperativo todos os participantes trabalham em favor de um objetivo comum, do contrário, os não cooperativos desempenham um papel divergente na relação em grupo (MAIA, 2016).

3.7 Uso de Consenso na Tomada de Decisão em Grupo

O objetivo da tomada de decisão é encontrar a melhor solução num conjunto de alternativas possíveis. Porém algumas questões surgem em decorrência da participação e interação entre diversas pessoas, como na tomada de decisão multicritério em grupo. É importante salientar que a condução dos decisores a uma convergência de posições é uma das situações mais complexas na construção de uma situação de consenso.

O consenso² significa “a concordância ou unanimidade de opiniões, raciocínios, crenças, sentimentos etc. em um grupo de pessoas” envolvidas num processo de tomada de decisão (QUEIROZ, 2009).

Neste item iremos apresentar duas diferentes abordagens para a construção de um consenso satisfatório que são: os esquemas de consenso e os procedimentos para a formação de um consenso otimizado, com destaque especial para a segunda abordagem que será o modelo utilizado no capítulo 4, para como o procedimento para alcançar um consenso na análise de problemas discretos de tomada de decisão multicritérios, que envolve a avaliação, comparação, escolha, priorização e / ou ordenação de alternativas, em um ambiente de grupo.

² De acordo com Novo Dicionário Houaiss Da Língua Portuguesa (Houaiss, A. 2009)

3.7.1 *Consenso na tomada de decisão em grupo*

Quando se trata de problemas de decisão multicritérios em configurações de grupo, as opiniões conflitantes entre os membros do grupo são muito prováveis de ocorrer, mesmo em um ambiente cooperativo. Desentendimentos entre especialistas são inevitáveis e não devem ser considerados como evidência da incompetência de qualquer especialista, mas refletem a forma como os estes pensam a partir das experiências adquiridas. Não é surpresa encontrar especialistas que discordem sobre qual ação deve ser tomada. No entanto apenas uma estratégia pode ser implantada, encontrar uma solução única é fundamental, apesar das discordâncias entre os especialistas (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).

A necessidade de alcance de um nível satisfatório de concordância entre especialistas motivou diversas pesquisas que buscam o desenvolvimento de procedimentos que ampliem o senso de solução coletiva de forma eficiente.

Dentre os procedimentos disponíveis, destacamos duas abordagens:

- Esquemas de consenso: que se trata de um processo de discussão sistemática e interativo, sob a supervisão de um moderador com o objetivo de reduzir a discordância entre as opiniões. O consenso é alcançado a partir do momento em que os especialistas alteram suas posições originais para uma opinião predominante;
- Procedimentos para a construção de um consenso otimizado: consiste em um método para obter um ajuste adequado do peso associado à opinião de cada especialista, a fim de melhorar o índice de consenso. Nesta abordagem os especialistas não devem modificar suas opiniões. A agregação ponderada de opiniões individuais, com ajuste adequado de pesos, é o regime de arbitragem exclusivo para a definição da decisão coletiva.

Ambas as abordagens possuem vantagens e desvantagens que podem torná-las apropriadas ou não para determinadas aplicações. Segundo os autores, a principal desvantagem de construir automaticamente um consenso otimizado reside no fato de que a opinião de um especialista discordante, com profundo conhecimento do problema, pode ser facilmente negligenciada. Isso pode ocorrer porque o processo de formação de um conjunto ideal de pesos pode exigir uma redução excessiva do peso associado à sua opinião. Além disso, o processo de obtenção de um conjunto adequado de pesos pode exigir um esforço computacional significativo.

Já no esquema de consenso, podemos observar que sua principal desvantagem consiste no fato que, a fim de alcançar um nível adequado de consenso, um especialista discordante pode ter que mudar drasticamente a sua posição inicial e, talvez, de forma injustificada. Além disso, os especialistas podem ser repetidamente convidados a rever suas respectivas opiniões, podendo aumentar a duração das discussões e, como consequência, se tornar ineficaz, dispendioso e muito frustrante.

Em termos de vantagens, os autores argumentam o quanto é valiosa a utilização de procedimentos de consenso. Considerando que as preferências humanas não são rígidas, elas podem ser formadas ou alteradas durante uma discussão. Também é verdade que os membros discordantes podem ter acesso a informações exclusivas que possam influenciar suas respectivas opiniões. Sendo assim não podemos negligenciar o fato de que, promovendo novas discussões entre os participantes, é possível modificar suas opiniões, de tal maneira que suas discordâncias sejam minimizadas.

De forma geral, quando é desejável alcançar um consenso entre os especialistas, mas é impossível permitir que os membros do grupo discutam suas opiniões conflitantes por motivos diversos, a primeira abordagem deve ser utilizada. Caso contrário, sempre que for possível dar a todos os especialistas a oportunidade de discutir suas discordâncias, o esquema de consenso deve ser aplicado.

3.7.2 *Esquemas de Consenso*

Um esquema de consenso pode ser definido como um processo multi-estágio interativo, no qual os especialistas discutem o problema de forma sistemática, em direção a uma decisão consensual. A discussão é conduzida por um moderador humano ou artificial, desempenhando o papel de um árbitro imparcial que tem autoridade para interferir indiretamente no processo com o objetivo de ajudar o grupo a alcançar melhores soluções.

Intuitivamente, sabemos que as discussões sobre tarefas concordantes geralmente não têm poder para mudar a decisão coletiva. Na prática, é mais eficiente ultrapassar rapidamente as opiniões concordantes e intensificar os esforços para minimizar as discordâncias.

A priori, as opiniões discordantes não devem ser negligenciadas, pois podem ajudar o grupo a identificar fontes de informação crucial para a decisão. Na prática, um especialista discordante com habilidades persuasivas pode convencer outros membros do grupo a modificar

suas próprias posições e, como resultado, a posição predominante no grupo pode avançar para uma decisão mais justificável.

Levando tudo isso em consideração, o princípio orientador das discussões entre os especialistas, no contexto da tomada de decisões em grupo, deve ser reunir mais informações em cada rodada de forma efetiva. As interações inadequadas entre os membros afetam a eficiência das discussões, resultando em resultados insatisfatórios e / ou debates demorados e infrutíferos.

Neste contexto, a participação de um moderador humano ou artificial torna-se essencial, a fim de conduzir a discussão e reduzir as perdas de tempo inerentes às reuniões grupais. A iteração dinâmica básica entre os especialistas e o moderador deve ser a seguinte: em cada ciclo, o moderador deve identificar o especialista menos concordante do grupo para convidá-lo a rever sua opinião. O especialista convidado deve adquirir mais informações sobre o problema para rever sua opinião, que pode ser alterada ou mantida. Em último caso, pode ser útil convidar o especialista para que o grupo conheça o motivo da sua atribuição, porque essa explicação possivelmente contém informações originais que podem mudar as opiniões dos outros. Se o especialista se recusar a mudar sua opinião, o moderador deve identificar e convidar o segundo perito menos concordante, a fim de permitir que os outros membros do grupo revejam suas opiniões, levando em consideração os argumentos de o perito menos concordante.

Essa iteração cíclica é repetida até que uma condição de parada tenha sido satisfeita. De fato, a condição para encerrar a discussão deve ser a obtenção de uma concordância perfeita entre todos os especialistas.

3.7.3 *Consenso Ótimo em um ambiente Fuzzy*

Por meio de um ajuste sistemático do peso associado à opinião de cada especialista, o procedimento tenta construir um resultado coletivo de forma a aumentar o nível de consenso, refletido por um índice específico (PEDRYCZ, EKEL, & PARREIRAS, 2011).

Considerando que os pesos determinam o nível de contribuição de cada especialista para a construção de uma opinião coletiva, o procedimento atua como um árbitro computacional responsável pela determinação da relevância de cada opinião para a decisão. Ele tende a penalizar peritos discordantes a favor de um consenso melhorado. É importante ressaltar que, nessa abordagem, os especialistas devem fornecer suas preferências apenas uma vez e o resto do trabalho é deixado para esse árbitro computacional. O operador de agregação utilizado para

construir os resultados coletivos deve ser a média aritmética ponderada. Em seguida, o procedimento é delineado em alguns passos conforme descrito pelos autores:

Passo 1: Inicialize o peso de todos os especialistas de tal forma que $\omega_E = 1/m, E = 1, 2, \dots, m$.

Passo 2: Calcule o nível atual de um consenso ponderado por alternativa

$$C_i = \sum_{l=1}^m \left(1 - \frac{|O^G(X_i) - O^{E_l}(X_i)|}{n-1} \right) \times \omega_{E_l} \quad (44)$$

e o nível médio do consenso ponderado para todas as alternativas

$$C^G = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p C_{[k]}, \quad (45)$$

considerando que $O^G(X_i)$ corresponde à posição da i -ésima alternativa, levando em consideração os resultados coletivos, e que $O^{E_l}(X_i)$ corresponde à i -ésima posição da alternativa na classificação derivada dos resultados obtidos pelo especialista E_l . É interessante observar em (44) que um especialista com um alto peso afeta mais intensamente o nível de consenso do que um especialista com baixo peso.

Passo 3: Se o nível médio atual do consenso ponderado for maior do que um limite mínimo, interrompa o processo. Caso contrário, vá para o Passo 4.

Passo 4: Obtenha os rankings das alternativas para algumas formações diferentes do grupo de especialistas.

Passo 5: Calcule os níveis de consenso para q diferentes configurações do grupo. Em cada configuração, um especialista específico não é considerado como um membro. A seguinte expressão pode ser utilizada para calcular esses níveis de consenso:

$$C_i^{G-q} = \sum_{l=1 \wedge l \neq n}^q \left(1 - \frac{|O^{G-n}(X_i) - O^{E_l}(X_i)|}{n-1} \right) \times \beta_{E_l} \quad (46)$$

onde

$$\beta_{E_1} = \frac{\omega_{E_1}}{\sum_{l=1}^q \wedge_{E_i \neq n} \omega_{E_i}} \quad (47)$$

Passo 6: Calcule a contribuição \overline{D}^n , $n = 1, 2, \dots, q$, de cada perito para o consenso com o uso das seguintes expressões:

$$D^n(X_k) = C_i(X_k) - C_i^{G-q}(X_k) \quad (48)$$

$$\overline{D}^n = \sum_{k=E_i}^{E_i} D^n(X_k) \quad (49)$$

Passo 7. Ajuste os pesos ω_{E_i} , $E_i = 1, 2, \dots, q$, de todos os especialistas, de acordo com as seguintes expressões:

$$\omega_{E_i}^{ciclo+1} = \frac{t_{E_i}^{ciclo+1}}{\sum_{E_i=1}^q t_{E_i}^{ciclo+1}} \quad (50)$$

$$t_{E_i}^{ciclo+1} = \omega_{E_i}^{ciclo} (1 + D_{E_i})^b \quad (51)$$

Em (51), o valor de b representa o peso da contribuição individual para a construção de um consenso. O valor mais alto de b está associado a uma convergência mais rápida em direção ao nível desejado de consenso.

Passo 8. Construimos a nova solução coletiva e retornamos para o Passo 2.

3.8 Contribuições

Neste trabalho, foi necessário consolidar, primeiramente, o dados disponíveis no Modelo das Duas Rodas e transformá-los para o formato Valor de Utilidade. Dessa forma foi possível transformar para o formato de Relação de Preferência *Fuzzy* Não Recíproca Baseada no Valor de Utilidade, que é uma forma genérica de apresentação de preferências.

Para a priorização das idéias/projetos, consideramos que o modelo que melhor se adapta é o Modelo Discreto de Tomada de Decisão Multiatribulo $\langle X, R \rangle$ para análise em Grupo, aplicando-se assim a técnica de Consenso Ótimo em Ambiente *Fuzzy*.

Esta técnica de consenso se mostrou mais adequada dado o estado de aplicação da metodologia nas empresas que aplicaram o MDR.. Atualmente 43 empresas já implantaram o MDR como metodologia de gestão da inovação, caso estas empresas tenham interesse em alterar o procedimento atual de priorização de ideias para o Método de Tomada de Decisão Multicritério, devemos pressupor que nem todos os avaliadores envolvidos anteriormente estariam disponíveis para reavaliar os projetos em caso de discordância.

O formato apresentado, em tese, preserva os dados captados anteriormente e facilita a mudança de procedimentos internos, acrescido de precisão para a tomada de decisões.

4 PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS DE PD&I EM AMBIENTE *FUZZY* APLICADA A UM MODELO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO

Neste capítulo descrevemos a aplicação do método em 03 (três) fases, conforme Figura 7, onde a Fase 1 um representa aplicação do Modelo das Duas Rodas na amostra apresentada. Na fase 2 iremos demonstrar como foi realizado a conversão entre os formatos para aplicação no modelo *Fuzzy*, finalmente na fase 3 iremos aplicar o Modelo $\langle X,R \rangle$ na mesma amostra para demonstrar a priorização de projetos, bem como a técnica de consenso. Na sequência segue o passo-a-passo da aplicação e os resultados.



Figura 7 - Descrição das Fases da Metodologia

A amostra utilizada é de projetos submetidos e aprovados no programa AMITEC, criado pelo Instituto Euvaldo Lodi/Sistema FIEMG (FIEMG/IEL), em parceria com a Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Minas Gerais (SEBRAE), que tem como objetivo estimular a melhoria e a inovação tecnológica de empresas do Estado.

O AMITEC conta com uma série de linhas de apoio. Os projetos analisados foram submetidos a linha Inovação Tecnológica que subsidia projetos onde haja aplicação de conhecimento sobre novas formas de produzir e comercializar bens e serviços. A inovação neste caso é considerada implantada se introduzida no mercado (inovação de produto). O produto ou processo deve ser necessariamente novo para o mercado (FIEMG, 2015).

4.1 Fase 1 Execução do Modelo MDR

4.1.1 Definição de Critérios

O MDR utiliza critérios para avaliação dos projetos, mas as empresas que utilizam a metodologia, podem alterá-los conforme sua necessidade (BAGNO & FARIA, 2017). Neste caso, seguiu-se os critérios do modelo que são descritos na forma $C = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8\}$, e apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Critérios do MDR

Oportunidade (x)	Capacidade (y)
C_1 = Necessidade de Mercado Percebida C_2 = Benefícios Econômicos C_3 = Alinhamento Estratégico C_4 = Ausência de Barreira à Implantação	C_5 = Maturidade da ideia C_6 = Facilidade Técnica da Equipe para Execução C_7 = Disponibilidade de recurso: pessoas/infraestrutura C_8 = Tempo de Implantação

Fonte: Autora, adaptado de (BAGNO & FARIA, 2017)

4.1.2 Definição de Especialistas

Para a escolha dos especialistas, considerou-se os seguintes requisitos descritos na Tabela 3, os quais cada especialista deve atender no mínimo um deles.

Tabela 3 - Requisitos para escolha dos especialistas

	Formação Acadêmica	Áreas de conhecimento X Critérios	Tempo de serviço em áreas afins X Critérios
Requisito 1	Tecnólogo / Graduado	Áreas de conhecimento diversas	Até 5 anos de experiência
Requisito 2	Pós Graduado / Especialista	Área de conhecimento parcialmente relacionada	De 5 à 15 anos de experiência
Requisito 3	Mestre / Doutor	Área de conhecimento totalmente relacionada	Acima de 15 anos de experiência

Fonte: Autora

Foram convidados 5 (cinco) especialistas para avaliação dos projetos, classificados como $E = \{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5\}$.

4.1.3 Coleta e Organização ideias/projeto

Nesta etapa, optou-se por analisar uma amostra real, contendo 7 (sete) projetos submetidos ao Programa AMITEC. Para garantir uma igualdade de análise na avaliação, a amostra foi construída baseada em projetos com as seguintes características:

- Somente projetos inovadores;
- Todos pertencentes a mesma área de conhecimento: eletroeletrônica;
- Todos os projetos já haviam sido aprovados, executados e avaliados pelos criadores do programa;
- As condições para execução eram comparativamente as mesmas: Empresas de pequeno porte e do setor de eletroeletrônica que submeteram projetos para desenvolvimento de um produto inovador (novo ou significativamente melhorado) e que apresentação equipes internas comparativamente próximas;
- Os valores totais de todos os projetos são aproximados.

As informações contidas nestas propostas são sigilosas, dessa forma somente os especialistas (avaliadores) tiveram acesso a todo o conteúdo para realizar sua avaliação. O sigilo é mantido mediante a assinatura de um Termo de Sigilo e Confidencialidade entre as partes. Após esta etapa os projetos foram classificados da seguinte forma: $X = \{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7\}$.

4.1.4 Avaliação dos Especialistas

Os projetos foram apresentados aos especialistas em formulário criado especificamente para apoio a este processo (ver APÊNDICE A). O formulário contém as seguintes informações: Código e Nome do Projeto, Descrição do projeto, Oportunidade, Estágio, Objetivos estratégicos, Retornos Esperados, Propriedade intelectual/Impacto Legislativo, Capacidade de execução técnica, Necessidade de Suporte externo, Parcerias, Valor total do projeto, Recurso Interno disponibilizado, Contrapartida Recurso Externo, Origem deste recurso, Prazo de execução e Observações.

Para apoiar na decisão dos especialistas, foram disponibilizadas informações com questões norteadoras (ver ANEXO A). As questões norteadoras destas informações trazem informações relevantes para o preenchimento do formulário, e explicações sobre os critérios de avaliação, conforme descrito na Tabela 4

Tabela 4 - Critérios de Análise no MDR

CRITÉRIO DE ANÁLISE	Peso	%	EIXOS DA MATRIZ
Necessidade de mercado percebida	1	25%	Oportunidade para o negócio
Benefícios econômicos	1	25%	
Alinhamento Estratégico	1	25%	
Ausência de Barreira à implantação	1	25%	
Maturidade da ideia	1	25%	Capacidade para desenvolver
Facilidade Técnica	1	25%	
Disponibilidade de Recurso (Pessoas / Infraestrutura)	1	25%	
Tempo até implantação	1	25%	

Fonte: Ferramenta Gestão de portfólio MDR (BAGNO & FARIA, 2017)

A classificação para pontuação dos critérios também segue o indicado pelo livro do Modelo das Duas Rodas, podendo assumir os valores {1, 3, 5, 9}. Outras informações sobre configuração dos critérios estão disponíveis no ANEXO B.

4.1.5 Análise de resultados MDR

Conforme demonstrado na sessão 2.2.6 os resultados podem não ser conclusivos para apoiar a tomada de decisão. A classificação dos projetos fica comprometida conforme demonstra o Gráfico 2e Tabela 2.

Tabela 2 - Avaliações por projeto por grupo de critérios

Projeto	Oportunidade	Capacidade	Total
X ₁	5,2	5,2	10,4
X ₂	4,0	4,4	8,4
X ₃	5,2	6,2	11,4
X ₄	4,9	4,7	9,6
X ₅	5,5	4,1	9,6
X ₆	5,4	6,6	12,0
X ₇	5,3	6,7	12,0

Fonte: Ferramenta Gestão de portfólio MDR (BAGNO & FARIA, 2017)

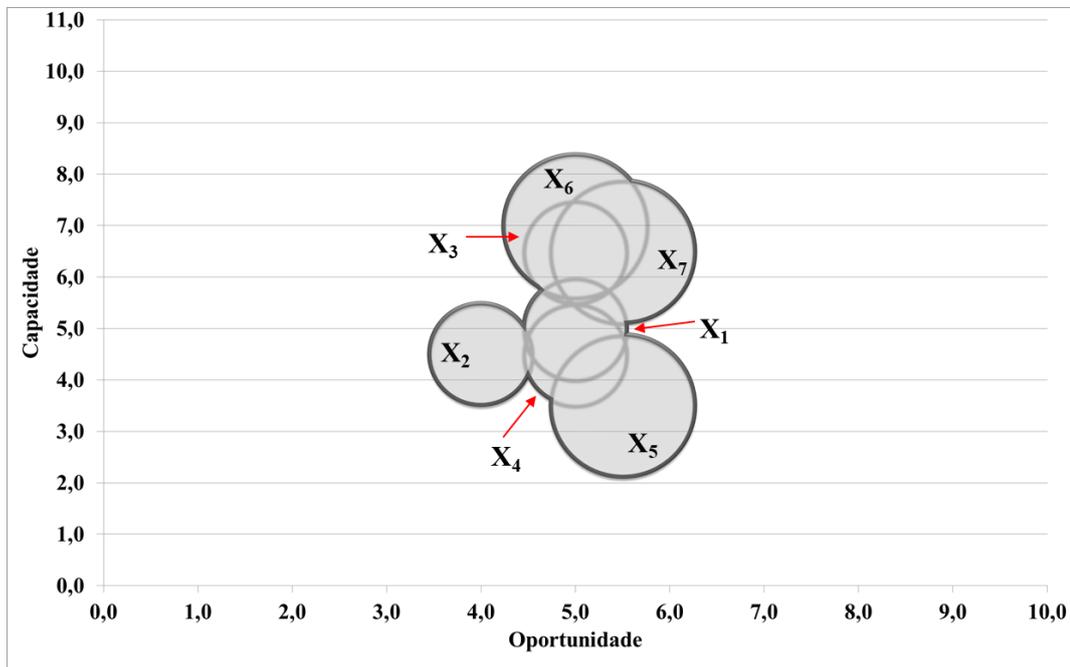


Gráfico 2 - Classificação de projeto do MDR com indicação dos projetos

Fonte: Ferramenta Gestão de portfólio MDR (BAGNO & FARIA, 2017)

Dessa forma, o comitê avaliador (decisores) deverá reavaliar qual seria a ordem de priorização dos projetos, pois o MDR não gera um ranking de projetos. Os detalhes das pontuações dos especialistas bem como as ilustrações das ferramentas utilizadas para definição desta análise se encontram no ANEXO C e ANEXO D respectivamente.

4.2 Fase 2 Conversão de Preferência

Analisando as avaliações dos especialistas, verificamos que as suas avaliações são expressas no formato de preferências Função Utilidade, conforme (52).

$$U(x): X \rightarrow [0, 1] \quad (52)$$

(52) é aplicada aos dados contidos no ANEXO C - Notas dos Especialistas, sob a ótica dos Critérios $C = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8\}$, representada na escala descrita na Tabela 5.

Tabela 5 - Escala padrão Valor Utilidade

Escala MDR	1	3	5	9
Valor Utilidade	0	0,25	0,5	1

Em seguida, aplica-se (25) para elicitar as avaliações dos especialistas no formato de Preferência *Fuzzy* Não Recíproca Baseada no formato Valor de Utilidade conforme apresentadas abaixo:

4.2.1 Elicitação das Preferências

Preferências do Especialista 1 (E_1) por critério C

$$C_1 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_2 & 0,25 & 1 & 0,25 & 0,25 & 0,25 & 0,25 & 0,25 \\ X_3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_4 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_6 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_7 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \quad (53)$$

$$C_2 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 1 & 1 & 0,75 & 0,25 & 0,75 & 0,25 & 0,75 \\ X_2 & 1 & 1 & 0,75 & 0,25 & 0,75 & 0,25 & 0,75 \\ X_3 & 1 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 0,5 & 1 \\ X_4 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_5 & 1 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 0,5 & 1 \\ X_6 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_7 & 1 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 0,5 & 1 \end{array} \quad (54)$$

$$C_3 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 1 & 1 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \end{array} \quad (55)$$

	X_2	0,75	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	X_3	1	1	1	1	1	1	1
	X_4	1	1	1	1	1	1	1
	X_5	1	1	1	1	1	1	1
	X_6	1	1	1	1	1	1	1
	X_7	1	1	1	1	1	1	1

	k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
$C_{4=}$	X_1	1	1	1	1	1	0,5	1
	X_2	0,75	1	0,75	0,75	0,75	0,25	0,75
	X_3	1	1	1	1	1	0,5	1
	X_4	1	1	1	1	1	0,5	1
	X_5	1	1	1	1	1	0,5	1
	X_6	1	1	1	1	1	1	1
	X_7	1	1	1	1	1	0,5	1

(56)

	k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
$C_{5=}$	X_1	1	1	0,25	0,75	0,75	0,25	0,25
	X_2	1	1	0,25	0,75	0,75	0,25	0,25
	X_3	1	1	1	1	1	1	1
	X_4	1	1	0,5	1	1	0,5	0,5
	X_5	1	1	0,5	1	1	0,5	0,5
	X_6	1	1	1	1	1	1	1
	X_7	1	1	1	1	1	1	1

(57)

	k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
$C_{6=}$	X_1	1	1	1	1	1	1	1
	X_2	0,5	1	0,5	1	1	0,5	0,5
	X_3	1	1	1	1	1	1	1
	X_4	0,25	0,75	0,25	1	0,75	0,25	0,25
	X_5	0,5	1	0,5	1	1	0,5	0,5
	X_6	1	1	1	1	1	1	1

(58)

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c|ccccccc}
 X_7 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 \hline
 k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\
 \hline
 X_1 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 1 & 0,5 & 0,5 \\
 X_2 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 1 & 0,5 & 0,5 \\
 X_3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 X_4 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 1 & 0,5 & 0,5 \\
 X_5 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 1 & 0,5 & 0,5 \\
 X_6 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 X_7 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1
 \end{array} \\
 C_{7=}
 \end{array} \tag{59}$$

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c|ccccccc}
 k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\
 \hline
 X_1 & 1 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 0,5 & 1 \\
 X_2 & 0,75 & 1 & 0,75 & 0,25 & 0,75 & 0,25 & 0,75 \\
 X_3 & 1 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 0,5 & 1 \\
 X_4 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 X_5 & 1 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 0,5 & 1 \\
 X_6 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 X_7 & 1 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 0,5 & 1
 \end{array} \\
 C_{8=}
 \end{array} \tag{60}$$

Preferências do Especialista 2 (E_2) por critério C

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c|ccccccc}
 k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\
 \hline
 X_1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 X_2 & 0,5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 X_3 & 0,5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 X_4 & 0,25 & 0,75 & 0,75 & 1 & 0,75 & 0,75 & 1 \\
 X_5 & 0,5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 X_6 & 0,5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 X_7 & 0,25 & 0,75 & 0,75 & 1 & 0,75 & 0,75 & 1
 \end{array} \\
 C_{1=}
 \end{array} \tag{61}$$

$$\begin{array}{c}
 C_{2=} \quad \begin{array}{c|ccccccc}
 k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\
 \hline
 \end{array} \tag{62}
 \end{array}$$

X ₁	1	1	1	1	0,5	1	1
X ₂	0,75	1	1	1	0,25	1	1
X ₃	0,75	1	1	1	0,25	1	1
X ₄	0,75	1	1	1	0,25	1	1
X ₅	1	1	1	1	1	1	1
X ₆	0,75	1	1	1	0,25	1	1
X ₇	0,75	1	1	1	0,25	1	1

	k/l	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
C ₃₌	X ₁	1	1	1	1	1	1	1
	X ₂	1	1	1	1	1	1	1
	X ₃	1	1	1	1	1	1	1
	X ₄	0,75	0,75	0,75	1	0,75	0,75	0,75
	X ₅	1	1	1	1	1	1	1
	X ₆	1	1	1	1	1	1	1
	X ₇	1	1	1	1	1	1	1

(63)

	k/l	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
C ₄₌	X ₁	1	1	1	1	1	1	1
	X ₂	0,5	1	1	1	0,5	1	1
	X ₃	0,5	1	1	1	0,5	1	1
	X ₄	0,5	1	1	1	0,5	1	1
	X ₅	1	1	1	1	1	1	1
	X ₆	0,25	0,75	0,75	0,75	0,25	1	1
	X ₇	0,25	0,75	0,75	0,75	0,25	1	1

(64)

	k/l	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
C ₅₌	X ₁	1	1	1	1	1	1	1
	X ₂	0,75	1	0,75	1	0,75	1	1
	X ₃	1	1	1	1	1	1	1
	X ₄	0,5	0,75	0,5	1	0,5	0,75	0,75
	X ₅	1	1	1	1	1	1	1

(65)

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c} X_6 \\ X_7 \end{array} \left| \begin{array}{cccccc} 0,75 & 1 & 0,75 & 1 & 0,75 & 1 & 1 \\ 0,75 & 1 & 0,75 & 1 & 0,75 & 1 & 1 \end{array} \\
 \\
 C_{6=} \begin{array}{c} k/l \\ X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \end{array} \left| \begin{array}{cccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,75 & 1 & 0,75 & 0,75 & 1 & 0,75 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,75 & 1 & 0,75 & 0,75 & 1 & 0,75 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,75 & 1 & 0,75 & 0,75 & 1 & 0,75 & 1 \end{array}
 \end{array} \quad (66)$$

$$\begin{array}{c}
 C_{7=} \begin{array}{c} k/l \\ X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \end{array} \left| \begin{array}{cccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,75 & 0,75 & 0,75 & 0,75 & 0,75 & 1 & 1 \\ 0,75 & 0,75 & 0,75 & 0,75 & 0,75 & 1 & 1 \end{array}
 \end{array} \quad (67)$$

$$\begin{array}{c}
 C_{8=} \begin{array}{c} k/l \\ X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \end{array} \left| \begin{array}{cccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array}
 \end{array} \quad (68)$$

Preferências do Especialista 3 (E_3) por critério C

$$C_1 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_2 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_4 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_5 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_6 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_7 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \quad (69)$$

$$C_2 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_4 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_6 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_7 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \quad (70)$$

$$C_3 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,5 \\ X_2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,5 \\ X_3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,5 \\ X_4 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,5 \\ X_5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,5 \\ X_6 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,5 \\ X_7 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \quad (71)$$

$$C_4 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 1 & 0,75 & 1 & 0,75 & 1 & 0,75 & 0,75 \\ X_2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_3 & 1 & 0,75 & 1 & 0,75 & 1 & 0,75 & 0,75 \\ X_4 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \quad (72)$$

X_5	1	0,75	1	0,75	1	0,75	0,75
X_6	1	1	1	1	1	1	1
X_7	1	1	1	1	1	1	1

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	1	1	0,75	0,75	1	0,25	0,75
X_2	1	1	0,75	0,75	1	0,25	0,75
X_3	1	1	1	1	1	0,5	1
X_4	1	1	1	1	1	0,5	1
X_5	1	1	0,75	0,75	1	0,25	0,75
X_6	1	1	1	1	1	1	1
X_7	1	1	1	1	1	0,5	1

(73)

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	1	1	0,5	1	1	1	1
X_2	0,75	1	0,25	1	0,75	0,75	0,75
X_3	1	1	1	1	1	1	1
X_4	0,75	1	0,25	1	0,75	0,75	0,75
X_5	1	1	0,5	1	1	1	1
X_6	1	1	0,5	1	1	1	1
X_7	1	1	0,5	1	1	1	1

(74)

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
X_2	0,75	1	0,25	0,75	1	0,75	0,25
X_3	1	1	1	1	1	1	1
X_4	1	1	0,5	1	1	1	0,5
X_5	0,75	1	0,25	0,75	1	0,75	0,25
X_6	1	1	0,5	1	1	1	0,5
X_7	1	1	1	1	1	1	1

(75)

$C_8=$	k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

(76)

X ₁	1	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5
X ₂	1	1	1	1	1	1	1
X ₃	1	1	1	1	1	1	1
X ₄	1	1	1	1	1	1	1
X ₅	1	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5
X ₆	1	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5
X ₇	1	1	1	1	1	1	1

Preferências do Especialista 4 (E₄) por critério C

k/l	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
X ₁	1	1	0,5	1	1	1	1
X ₂	1	1	0,5	1	1	1	1
X ₃	1	1	1	1	1	1	1
X ₄	1	1	0,5	1	1	1	1
X ₅	0,75	0,75	0,25	0,75	1	1	0,75
X ₆	0,75	0,75	0,25	0,75	1	1	0,75
X ₇	1	1	0,5	1	1	1	1

(77)

k/l	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
X ₁	1	1	1	1	1	1	1
X ₂	0,75	1	0,75	0,75	0,75	0,75	1
X ₃	1	1	1	1	1	1	1
X ₄	1	1	1	1	1	1	1
X ₅	1	1	1	1	1	1	1
X ₆	1	1	1	1	1	1	1
X ₇	0,5	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5	1

(78)

k/l	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
X ₁	1	1	1	1	1	1	0,5
X ₂	0,75	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,25
X ₃	1	1	1	1	1	1	0,5

(79)

X_4	1	1	1	1	1	1	0,5
X_5	1	1	1	1	1	1	0,5
X_6	1	1	1	1	1	1	0,5
X_7	1	1	1	1	1	1	1

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	1	1	1	1	1	1	1
X_2	0,5	1	1	1	1	1	1
X_3	0,5	1	1	1	1	1	1
X_4	0,5	1	1	1	1	1	1
X_5	0	0,5	0,5	0,5	1	0,75	0,75
X_6	0,25	0,75	0,75	0,75	1	1	1
X_7	0,25	0,75	0,75	0,75	1	1	1

(80)

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	1	1	0,75	0,75	1	0,25	0,75
X_2	1	1	0,75	0,75	1	0,25	0,75
X_3	1	1	1	1	1	0,5	1
X_4	1	1	1	1	1	0,5	1
X_5	1	1	0,75	0,75	1	0,25	0,75
X_6	1	1	1	1	1	1	1
X_7	1	1	1	1	1	0,5	1

(81)

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	1	1	1	1	1	1	1
X_2	0,25	1	0,25	1	1	0,75	0,25
X_3	1	1	1	1	1	1	1
X_4	0,25	1	0,25	1	1	0,75	0,25
X_5	0,25	1	0,25	1	1	0,75	0,25
X_6	0,5	1	0,5	1	1	1	0,5
X_7	1	1	1	1	1	1	1

(82)

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
X_2	1	1	0,5	1	1	1	0,5
X_3	1	1	1	1	1	1	1
X_4	1	1	0,5	1	1	1	0,5
X_5	0,75	0,75	0,25	0,75	1	0,75	0,25
X_6	1	1	0,5	1	1	1	0,5
X_7	1	1	1	1	1	1	1

(83)

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	1	1	1	1	1	1	1
X_2	0,5	1	0,5	0,5	1	1	0,5
X_3	1	1	1	1	1	1	1
X_4	1	1	1	1	1	1	1
X_5	0,5	1	0,5	0,5	1	1	0,5
X_6	0,5	1	0,5	0,5	1	1	0,5
X_7	1	1	1	1	1	1	1

(84)

Preferências do Especialista 5 (E_5) por critério C

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	1	1	1	1	0,5	1	0,5
X_2	1	1	1	1	0,5	1	0,5
X_3	1	1	1	1	0,5	1	0,5
X_4	1	1	1	1	0,5	1	0,5
X_5	1	1	1	1	1	1	1
X_6	1	1	1	1	0,5	1	0,5
X_7	1	1	1	1	1	1	1

(85)

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	1	1	1	1	0,5	1	0,5
X_2	1	1	1	1	0,5	1	0,5

(86)

X_3	1	1	1	1	0,5	1	0,5
X_4	1	1	1	1	0,5	1	0,5
X_5	1	1	1	1	1	1	1
X_6	1	1	1	1	0,5	1	0,5
X_7	1	1	1	1	1	1	1

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	1	0,75	1	0,75	1	0,75	0,25
X_2	1	1	1	1	1	1	0,5
X_3	1	0,75	1	0,75	1	0,75	0,25
X_4	1	1	1	1	1	1	0,5
X_5	1	0,75	1	0,75	1	0,75	0,25
X_6	1	1	1	1	1	1	0,5
X_7	1	1	1	1	1	1	1

$C_3=$
(87)

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	1	1	1	1	1	0,5	1
X_2	1	1	1	1	1	0,5	1
X_3	1	1	1	1	1	0,5	1
X_4	1	1	1	1	1	0,5	1
X_5	1	1	1	1	1	0,5	1
X_6	1	1	1	1	1	1	1
X_7	1	1	1	1	1	0,5	1

$C_4=$
(88)

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	1	1	1	1	1	0,5	0,5
X_2	1	1	1	1	1	0,5	0,5
X_3	0,75	0,75	1	0,75	0,75	0,25	0,25
X_4	1	1	1	1	1	0,5	0,5
X_5	1	1	1	1	1	0,5	0,5
X_6	1	1	1	1	1	1	1
X_7	1	1	1	1	1	1	1

$C_5=$
(89)

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	
$C_6=$	X_1	1	0,5	1	1	1	0,5	0,5
	X_2	1	1	1	1	1	1	1
	X_3	0,5	0	1	0,5	1	0	0
	X_4	1	0,5	1	1	1	0,5	0,5
	X_5	0,5	0	1	0,5	1	0	0
	X_6	1	1	1	1	1	1	1
	X_7	1	1	1	1	1	1	1

(90)

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	
$C_7=$	X_1	1	1	1	1	0,5	1	
	X_2	0,75	1	1	1	0,25	0,75	
	X_3	0,5	0,75	1	0,75	1	0	0,5
	X_4	0,75	1	1	1	0,25	0,75	
	X_5	0,5	0,75	1	0,75	1	0	0,5
	X_6	1	1	1	1	1	1	
	X_7	1	1	1	1	0,5	1	

(91)

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	
$C_8=$	X_1	1	0,75	1	1	0,25	0,25	0,25
	X_2	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5
	X_3	1	0,75	1	1	0,25	0,25	0,25
	X_4	0,75	0,5	0,75	1	0	0	0
	X_5	1	1	1	1	1	1	1
	X_6	1	1	1	1	1	1	1
	X_7	1	1	1	1	1	1	1

(92)

4.3 Fase 3 Execução do Modelo *Fuzzy* <X,R>

4.3.1 Aplicando a Primeira Técnica de Análise

Conforme indicado em 3.7.3, o operador de agregação utilizado para construir os resultados coletivos deve ser a média aritmética ponderada para cada especialista. Neste exemplo iremos aplicar a *primeira técnica* descrita em 3.5.1:

- Especialista 1 (E_1)

Aplicando (33) em (49) a (56) encontra-se a intercessão entre os critérios para E_1 :

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	1	1	0,25	0,25	0,5	0,25	0,25
X_2	0,25	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
X_3	1	1	1	0,5	1	0,5	1
X_4	0,25	0,75	0,25	1	0,75	0,25	0,25
X_5	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5
X_6	1	1	1	1	1	1	1
X_7	1	1	1	0,5	1	0,5	1

(93)

Aplicar (34) em (89) para encontramos a preferência estrita:

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	0	0,75	0	0	0	0	0
X_2	0	0	0	0	0	0	0
X_3	0,75	0,75	0	0,25	0,5	0	0
X_4	0	0,5	0	0	0,25	0	0
X_5	0	0,75	0	0	0	0	0
X_6	0,75	0,75	0,5	0,75	0,5	0	0,5
X_7	0,75	0,75	0	0,25	0,5	0	0

(94)

Aplicando (37) em (90) encontramos o vetor de Não Dominância para o Especialista E_1 .

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
0,25	0,25	0,5	0,25	0,5	1	0,5

(95)

- Especialista 2 (E_2)

Aplicando (33) em (57) a (64) encontra-se a intercessão entre os critérios para E2:

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
X ₁	1	1	1	1	0,5	1	1
X ₂	0,5	1	0,75	0,75	0,25	0,75	1
X ₃	0,5	1	1	1	0,25	1	1
X ₄	0,25	0,75	0,5	1	0,25	0,75	0,75
X ₅	0,5	1	0,75	0,75	1	0,75	1
X ₆	0,25	0,75	0,75	0,75	0,25	1	1
X ₇	0,25	0,75	0,75	0,75	0,25	0,75	1

(96)

Aplicar (34) em (92) para encontramos a preferência estrita

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
X ₁	0	0,5	0,5	0,75	0	0,75	0,75
X ₂	0	0	0	0	0	0	0,25
X ₃	0	0,25	0	0,5	0	0,25	0,25
X ₄	0	0	0	0	0	0	0
X ₅	0	0,75	0,5	0,5	0	0,5	0,75
X ₆	0	0	0	0	0	0	0,25
X ₇	0	0	0	0	0	0	0

(97)

Aplicando (37) em (93) encontramos o vetor de Não Dominância para o Especialista E2:

$$\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline 1 & 0,25 & 0,5 & 0,25 & 1 & 0,25 & 0,25 \end{array} \quad (98)$$

- Especialista 3 (E₃)

Aplicando (33) em (65) a (72) encontra-se a intercessão entre os critérios para E3:

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
X ₁	1	0,5	0,5	0,5	1	0,25	0,5

(99)

X ₂	0,75	1	0,25	0,75	0,75	0,25	0,25
X ₃	1	0,75	1	0,75	1	0,5	0,5
X ₄	0,75	1	0,25	1	0,75	0,5	0,5
X ₅	0,75	0,5	0,25	0,5	1	0,25	0,25
X ₆	1	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5
X ₇	1	1	0,5	1	1	0,5	1

Aplicar (34) em (95) para encontramos a preferência estrita

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
X ₁	0	0	0	0	0,25	0	0
X ₂	0,25	0	0	0	0,25	0	0
X ₃	0,5	0,5	0	0,5	0,75	0	0
X ₄	0,25	0,25	0	0	0,25	0	0
X ₅	0	0	0	0	0	0	0
X ₆	0,75	0,25	0	0	0,75	0	0
X ₇	0,5	0,75	0	0,5	0,75	0	0

(100)

Aplicando (37) em (96) encontramos o vetor de Não Dominância para o Especialista E3:

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
0,25	0,25	1	0,5	0,25	1	1

(101)

- Especialista 4 (E₄)

Aplicando (33) em (73) a (80) encontra-se a intercessão entre os critérios para E4:

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
X ₁	1	1	0,5	0,75	1	0,25	0,5
X ₂	0,25	1	0,25	0,5	0,75	0,25	0,25
X ₃	0,5	1	1	1	1	0,5	0,5
X ₄	0,25	1	0,25	1	1	0,5	0,25
X ₅	0	0,5	0,25	0,5	1	0,25	0,25

(102)

$$\begin{array}{l|ccccccc} X_6 & 0,25 & 0,75 & 0,25 & 0,5 & 1 & 1 & 0,5 \\ X_7 & 0,25 & 0,75 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 \end{array}$$

Aplicar (34) em (98) para encontramos a preferência estrita

$$\begin{array}{c|ccccccc} & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0,75 & 0 & 0,5 & 1 & 0 & 0,25 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 \\ X_3 & 0 & 0,75 & 0 & 0,75 & 0,75 & 0,25 & 0 \\ X_4 & 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0 \\ X_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_6 & 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0,75 & 0 & 0 \\ X_7 & 0 & 0,5 & 0 & 0,25 & 0,25 & 0 & 0 \end{array} \quad (103)$$

Aplicando (37) em (99) encontramos o vetor de Não Dominância para o Especialista E4:

$$\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline 1 & 0,25 & 1 & 0,25 & 0 & 0,75 & 0,75 \end{array} \quad (104)$$

- Especialista 5 (E₅)

Aplicando (33) em (81) a (88) encontra-se a intercessão entre os critérios para E5:

$$\begin{array}{c|ccccccc} & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 1 & 0,5 & 1 & 0,75 & 0,25 & 0,25 & 0,25 \\ X_2 & 0,75 & 1 & 1 & 1 & 0,5 & 0,25 & 0,5 \\ X_3 & 0,5 & 0 & 1 & 0,5 & 0,25 & 0 & 0 \\ X_4 & 0,75 & 0,5 & 0,75 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ X_5 & 0,5 & 0 & 1 & 0,5 & 1 & 0 & 0 \\ X_6 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 0,5 \\ X_7 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,5 & 1 \end{array} \quad (105)$$

Aplicar (34) em (101) para encontramos a preferência estrita

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
X ₁	0	0	0,5	0	0	0	0
X ₂	0,25	0	1	0,5	0,5	0	0
X ₃	0	0	0	0	0	0	0
X ₄	0	0	0,25	0	0	0	0
X ₅	0,25	0	0,75	0,5	0	0	0
X ₆	0,75	0,75	1	1	0,5	0	0
X ₇	0,75	0,5	1	1	1	0	0

(106)

Aplicando (37) em (102) encontramos o vetor de Não Dominância para o Especialista E₅:

$$\begin{array}{ccccccc}
 X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\
 \hline
 0,25 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1
 \end{array} \tag{107}$$

4.3.1.1 Consenso Ótimo em Ambiente Fuzzy com uso da Primeira Técnica

Para implantação de Consenso ótimo em Ambiente *Fuzzy*, serão consideradas as preferências expressas pelos especialistas decorrentes da uniformização das informações descritas em 4.3.1. Neste exemplo, a melhor alternativa deve alcançar um nível mínimo de consenso de 80%.

Passo 1) Indicação do peso de todos os especialistas utilizando $\omega_E = \frac{1}{m}$, onde $m = 5$.

Logo,

$$\omega_E = \frac{1}{5}, \quad \omega_E = 0,2 \tag{108}$$

Passo 2) Calcular o nível atual de um consenso ponderado por alternativa.

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
E ₁	0,25	0,25	0,5	0,25	0,5	1	0,5

(109)

$$\begin{array}{c|ccccccc}
 E_2 & 1 & 0,25 & 0,5 & 0,25 & 1 & 0,25 & 0,25 \\
 E_3 & 0,25 & 0,25 & 1 & 0,5 & 0,25 & 1 & 1 \\
 E_4 & 1 & 0,25 & 1 & 0,25 & 0 & 0,75 & 0,75 \\
 E_5 & 0,25 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\
 \hline
 \text{Grupo} & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\
 \hline
 & 0,55 & 0,25 & 0,6 & 0,25 & 0,35 & 0,8 & 0,7
 \end{array} \quad (110)$$

Utilizando (44) com os resultados encontrados em (104), (105) e (106), temos:

$$\begin{array}{ccccccc}
 X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\
 \hline
 0,9400 & 0,9500 & 0,9483 & 0,9500 & 0,9367 & 0,9383 & 0,9517
 \end{array} \quad (111)$$

Aplicando (24), é determinado o consenso de grupo sobre a alternativa, com maior preferência.

$$\text{Consenso do grupo sobre as alternativas } C^G = 94,50\% \quad (112)$$

Ranking das Preferências: $X_7 \sim X_2 > X_6 > X_1 > X_3 \sim X_4 > X_5$

Conforme estabelecido no início do processo, o nível mínimo de consenso foi alcançado já na aplicação do Passo 2, ultrapassando os 80% indicados primeiramente. Dessa forma o procedimento de aplicação descrito em 3.5.3. finaliza pois alcançou o nível esperado.

Para verificar a veracidade dos resultados, optamos por aplicar outra técnica de análise de Modelos $\langle X, R \rangle$, conforme detalhado no próximo item.

4.3.2 Aplicando a Terceira Técnica de Análise

Ainda seguindo as indicações descritas no item 3.7.3, o operador de agregação utilizado para construir os resultados coletivos deve ser a média aritmética ponderada, neste exemplo será aplicada para cada critério conforme descrito no item 3.5.3.:

- Especialista 1 (E_1)

Aplicando (41) em (53) a (60) encontra-se a preferência estrita para cada critério para

E_1 :

$$C_1 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0,75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0 & 0,75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_4 & 0 & 0,75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_5 & 0 & 0,75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_6 & 0 & 0,75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_7 & 0 & 0,75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \quad (113)$$

$$C_2 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0,25 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_4 & 0,75 & 0,75 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0 & 0,5 \\ X_5 & 0,25 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_6 & 0,75 & 0,75 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0 & 0,5 \\ X_7 & 0,25 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \quad (114)$$

$$C_3 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0,5 & 0,75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_4 & 0,5 & 0,75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_5 & 0,5 & 0,75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_6 & 0,5 & 0,75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_7 & 0,5 & 0,75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \quad (115)$$

$$C_4 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_4 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_5 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_6 & 0,5 & 0,75 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0,5 \\ X_7 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \quad (116)$$

$$C_5 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0,75 & 0,75 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 \\ X_4 & 0,25 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_5 & 0,25 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_6 & 0,75 & 0,75 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 \\ X_7 & 0,75 & 0,75 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 \end{array} \quad (117)$$

$$C_6 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0,5 & 0 & 0,75 & 0,5 & 0 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0 & 0,5 & 0 & 0,75 & 0,5 & 0 & 0 \\ X_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_5 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \\ X_6 & 0 & 0,5 & 0 & 0,75 & 0,5 & 0 & 0 \\ X_7 & 0 & 0,5 & 0 & 0,75 & 0,5 & 0 & 0 \end{array} \quad (118)$$

$$C_7 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 \end{array} \quad (119)$$

$$\begin{array}{c|ccccccc}
 X_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X_6 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 \\
 X_7 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 \\
 \hline
 k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\
 \hline
 C_8 = X_1 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X_3 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X_4 & 0,5 & 0,75 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0 & 0,5 \\
 X_5 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X_6 & 0,5 & 0,75 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0 & 0,5 \\
 X_7 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{array} \tag{120}$$

Aplicando (42) em (113) a (120) encontramos o vetor de Não Dominância de cada critério para E_1 :

$$C_1 = \frac{X_1 \quad X_2 \quad X_3 \quad X_4 \quad X_5 \quad X_6 \quad X_7}{0,25 \quad 0,25 \quad 0,5 \quad 1 \quad 0,5 \quad 1 \quad 0,5} \tag{121}$$

$$C_2 = \frac{X_1 \quad X_2 \quad X_3 \quad X_4 \quad X_5 \quad X_6 \quad X_7}{0,5 \quad 0,25 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1} \tag{122}$$

$$C_3 = \frac{X_1 \quad X_2 \quad X_3 \quad X_4 \quad X_5 \quad X_6 \quad X_7}{0 \quad 0,25 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0} \tag{123}$$

$$C_4 = \frac{X_1 \quad X_2 \quad X_3 \quad X_4 \quad X_5 \quad X_6 \quad X_7}{0,5 \quad 0,25 \quad 0,5 \quad 0,5 \quad 0,5 \quad 1 \quad 0,5} \tag{124}$$

$$C_5 = \frac{X_1 \quad X_2 \quad X_3 \quad X_4 \quad X_5 \quad X_6 \quad X_7}{0,25 \quad 0,25 \quad 1 \quad 0,5 \quad 0,5 \quad 1 \quad 1} \tag{125}$$

$$C_6 = \frac{X_1 \quad X_2 \quad X_3 \quad X_4 \quad X_5 \quad X_6 \quad X_7}{} \tag{126}$$

$$C_7 = \frac{\begin{matrix} & 1 & 0,5 & 1 & 0,25 & 0,5 & 1 & 1 \\ \begin{matrix} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0,5 & 1 & 1 \end{matrix} \end{matrix}}{\quad} \quad (127)$$

$$C_8 = \frac{\begin{matrix} & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \begin{matrix} 0,5 & 0,25 & 0,5 & 1 & 0,5 & 1 & 0,5 \end{matrix} \end{matrix}}{\quad} \quad (128)$$

- Especialista 2 (E_2)

Aplicando (41) em (61) a (68) encontra-se a preferência estrita para cada critério para E_2 :

$$C_1 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0,75 & 0,5 & 0,5 & 0,75 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0,25 \\ X_3 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0,25 \\ X_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_5 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0,25 \\ X_6 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0,25 \\ X_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \quad (129)$$

$$C_2 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0,25 & 0,25 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0,25 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_5 & 0,5 & 0,75 & 0,75 & 0,75 & 0 & 0,75 & 0,75 \\ X_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \quad (130)$$

$$C_3 = \frac{\begin{matrix} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \end{matrix}}{\quad} \quad (131)$$

X ₁	0	0	0	0,25	0	0	0
X ₂	0	0	0	0,25	0	0	0
X ₃	0	0	0	0,25	0	0	0
X ₄	0	0	0	0	0	0	0
X ₅	0	0	0	0,25	0	0	0
X ₆	0	0	0	0,25	0	0	0
X ₇	0	0	0	0,25	0	0	0

$$C_4 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0,75 & 0,75 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,25 \\ X_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,25 \\ X_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,25 \\ X_5 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0,75 & 0,75 \\ X_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \quad (132)$$

$$C_5 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0,25 & 0 & 0,5 & 0 & 0,25 & 0,25 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0 & 0,25 & 0 & 0,5 & 0 & 0,25 & 0,25 \\ X_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_5 & 0 & 0,25 & 0 & 0,5 & 0 & 0,25 & 0,25 \\ X_6 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \\ X_7 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \end{array} \quad (133)$$

$$C_6 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0,25 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0,25 \\ X_4 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0,25 \\ X_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \quad (134)$$

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c|ccccccc}
 X_6 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0,25 \\
 X_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{array} \\
 \\
 C_7 = \begin{array}{c|ccccccc}
 k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\
 \hline
 X_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,25 \\
 X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,25 \\
 X_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,25 \\
 X_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,25 \\
 X_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,25 \\
 X_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{array}
 \end{array} \tag{135}$$

$$\begin{array}{c}
 C_8 = \begin{array}{c|ccccccc}
 k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\
 \hline
 X_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{array}
 \end{array} \tag{136}$$

Aplicando (42) em (129) a (136) encontramos o vetor de Não Dominância de cada critério para E_2 :

$$C_1 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \end{array}}{\begin{array}{ccccccc} 1 & 0,5 & 0,5 & 0,25 & 0,5 & 0,5 & 0,25 \end{array}} \tag{137}$$

$$C_2 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \end{array}}{\begin{array}{ccccccc} 0,5 & 0,25 & 0,25 & 0,25 & 1 & 0,25 & 0,25 \end{array}} \tag{138}$$

$$C_3 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \end{array}}{\begin{array}{ccccccc} 1 & 1 & 1 & 0,75 & 1 & 1 & 1 \end{array}} \tag{139}$$

$$C_4 = \frac{\begin{matrix} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 1 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 & 0,25 & 0,25 \end{matrix}}{\quad} \quad (140)$$

$$C_5 = \frac{\begin{matrix} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 1 & 0,75 & 1 & 0,5 & 1 & 0,75 & 0,75 \end{matrix}}{\quad} \quad (141)$$

$$C_6 = \frac{\begin{matrix} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 1 & 0,75 & 1 & 1 & 0,75 & 1 & 0,75 \end{matrix}}{\quad} \quad (142)$$

$$C_7 = \frac{\begin{matrix} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,75 & 0,75 \end{matrix}}{\quad} \quad (143)$$

$$C_8 = \frac{\begin{matrix} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{matrix}}{\quad} \quad (144)$$

- Especialista 3 (E_3)

Aplicando (41) em (69) a (76) encontra-se a preferência estrita para cada critério para E_3 :

$$C_1 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ X_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \quad (145)$$

$$C_2 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \quad (146)$$

X_3	0	0	0	0	0	0	0
X_4	0	0	0	0	0	0	0
X_5	0	0	0	0	0	0	0
X_6	0	0	0	0	0	0	0
X_7	0	0	0	0	0	0	0

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	0	0	0	0	0	0	0
X_2	0	0	0	0	0	0	0
X_3	0	0	0	0	0	0	0
X_4	0	0	0	0	0	0	0
X_5	0	0	0	0	0	0	0
X_6	0	0	0	0	0	0	0
X_7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0

$C_3 =$
(147)

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	0	0	0	0	0	0	0
X_2	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0
X_3	0	0	0	0	0	0	0
X_4	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0
X_5	0	0	0	0	0	0	0
X_6	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0
X_7	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0

$C_4 =$
(148)

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	0	0	0	0	0	0	0
X_2	0	0	0	0	0	0	0
X_3	0,25	0,25	0	0	0,25	0	0
X_4	0,25	0,25	0	0	0,25	0	0
X_5	0	0	0	0	0	0	0
X_6	0,75	0,75	0,5	0,5	0,75	0	0,5
X_7	0,25	0,25	0	0	0,25	0	0

$C_5 =$
(149)

$$C_6 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0,5 & 0,75 & 0 & 0,75 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ X_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_5 & 0 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \\ X_6 & 0 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \\ X_7 & 0 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \end{array} \quad (150)$$

$$C_7 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0,5 & 0,75 & 0 & 0,5 & 0,75 & 0,5 & 0 \\ X_4 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 \\ X_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_6 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 \\ X_7 & 0,5 & 0,75 & 0 & 0,5 & 0,75 & 0,5 & 0 \end{array} \quad (151)$$

$$C_8 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_2 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0 \\ X_3 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0 \\ X_4 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0 \\ X_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_7 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0 \end{array} \quad (152)$$

Aplicando (42) em (145) a (152) encontramos o vetor de Não Dominância de cada critério para E_3 :

$$C_1 = \begin{array}{c|ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \end{array} \quad (153)$$

$$C_2 = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & \end{array} \\ \begin{array}{c} X_1 \quad X_2 \quad X_3 \quad X_4 \quad X_5 \quad X_6 \quad X_7 \\ \hline 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \end{array} \end{array} \quad (154)$$

$$C_3 = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 \end{array} \end{array} \quad (155)$$

$$C_4 = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline 0,75 & 1 & 0,75 & 1 & 0,75 & 1 & 1 \end{array} \end{array} \quad (156)$$

$$C_5 = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline 0,25 & 0,25 & 0,5 & 0,5 & 0,25 & 1 & 0,5 \end{array} \end{array} \quad (157)$$

$$C_6 = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline 0,5 & 0,25 & 1 & 0,25 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \end{array} \end{array} \quad (158)$$

$$C_7 = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline 0,5 & 0,25 & 1 & 0,5 & 0,25 & 0,5 & 1 \end{array} \end{array} \quad (159)$$

$$C_8 = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline 0,5 & 1 & 1 & 1 & 0,5 & 0,5 & 1 \end{array} \end{array} \quad (160)$$

- Especialista 4 (E_4)

Aplicando (41) em (77) a (84) encontra-se a preferência estrita para cada critério para

E_4 :

$$C_1 = \begin{array}{c} \begin{array}{c|cccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,25 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,25 & 0 \\ X_3 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0,75 & 0,75 & 0,5 \\ X_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,25 & 0 \end{array} \end{array} \quad (161)$$

X_5	0	0	0	0	0	0	0
X_6	0	0	0	0	0	0	0
X_7	0	0	0	0	0,25	0,25	0

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	0	0,25	0	0	0	0	0,5
X_2	0	0	0	0	0	0	0,25
X_3	0	0,25	0	0	0	0	0,5
X_4	0	0,25	0	0	0	0	0,5
X_5	0	0,25	0	0	0	0	0,5
X_6	0	0,25	0	0	0	0	0,5
X_7	0	0	0	0	0	0	0

$C_2 =$
(162)

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	0	0,25	0	0	0	0	0
X_2	0	0	0	0	0	0	0
X_3	0	0,25	0	0	0	0	0
X_4	0	0,25	0	0	0	0	0
X_5	0	0,25	0	0	0	0	0
X_6	0	0,25	0	0	0	0	0
X_7	0,5	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5	0

$C_3 =$
(163)

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	0	0,5	0,5	0,5	1	0,75	0,75
X_2	0	0	0	0	0,5	0,25	0,25
X_3	0	0	0	0	0,5	0,25	0,25
X_4	0	0	0	0	0,5	0,25	0,25
X_5	0	0	0	0	0	0	0
X_6	0	0	0	0	0,25	0	0
X_7	0	0	0	0	0,25	0	0

$C_4 =$
(164)

k/l	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

$C_5 =$
(165)

X ₁	0	0	0	0	0	0	0
X ₂	0	0	0	0	0	0	0
X ₃	0,25	0,25	0	0	0,25	0	0
X ₄	0,25	0,25	0	0	0,25	0	0
X ₅	0	0	0	0	0	0	0
X ₆	0,75	0,75	0,5	0,5	0,75	0	0,5
X ₇	0,25	0,25	0	0	0,25	0	0

$$C_6 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0,75 & 0 & 0,75 & 0,75 & 0,5 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0 & 0,75 & 0 & 0,75 & 0,75 & 0,5 & 0 \\ X_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_6 & 0 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0,25 & 0 & 0 \\ X_7 & 0 & 0,75 & 0 & 0,75 & 0,75 & 0,5 & 0 \end{array} \quad (166)$$

$$C_7 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 \\ X_3 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0,75 & 0,5 & 0 \\ X_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 \\ X_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 \\ X_7 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0,75 & 0,5 & 0 \end{array} \quad (167)$$

$$C_8 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0 \\ X_4 & 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0 \\ X_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \quad (168)$$

$$\begin{array}{c|cccccccc} X_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_7 & 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0 \end{array}$$

Aplicando (42) em (161) a (168) encontramos o vetor de Não Dominância de cada critério para E_4 :

$$C_1 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0,25 & 0,25 & 0,5 \end{array}}{\quad} \quad (169)$$

$$C_2 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 1 & 0,75 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,5 \end{array}}{\quad} \quad (170)$$

$$C_3 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 0,5 & 0,25 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 \end{array}}{\quad} \quad (171)$$

$$C_4 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 1 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0,25 & 0,25 \end{array}}{\quad} \quad (172)$$

$$C_5 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 0,25 & 0,25 & 0,5 & 0,5 & 0,25 & 1 & 0,5 \end{array}}{\quad} \quad (173)$$

$$C_6 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 1 & 0,25 & 1 & 0,25 & 0,25 & 0,5 & 1 \end{array}}{\quad} \quad (174)$$

$$C_7 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0,25 & 0,5 & 1 \end{array}}{\quad} \quad (175)$$

$$C_8 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 1 & 0,5 & 1 & 1 & 0,5 & 0,5 & 1 \end{array}}{\quad} \quad (176)$$

- Especialista 5 (E_5)

Aplicando (41) em (85) a (92) encontra-se a preferência estrita para cada critério para

E_5 :

$$C_1 = \begin{array}{c|cccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0 \\ X_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_7 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0 \end{array} \quad (177)$$

$$C_2 = \begin{array}{c|cccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0 \\ X_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_7 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0 \end{array} \quad (178)$$

$$C_3 = \begin{array}{c|cccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_2 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0 & 0 \\ X_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_4 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0 & 0 \\ X_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_6 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0 & 0 \\ X_7 & 0,75 & 0,5 & 0,75 & 0,5 & 0,75 & 0,5 & 0 \end{array} \quad (179)$$

$$C_4 = \begin{array}{c|cccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \quad (180)$$

X ₂	0	0	0	0	0	0	0
X ₃	0	0	0	0	0	0	0
X ₄	0	0	0	0	0	0	0
X ₅	0	0	0	0	0	0	0
X ₆	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5
X ₇	0	0	0	0	0	0	0

$$C_5 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_4 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_5 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_6 & 0,5 & 0,5 & 0,75 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 \\ X_7 & 0,5 & 0,5 & 0,75 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 \end{array} \quad (181)$$

$$C_6 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0 & 0 \\ X_2 & 0,5 & 0 & 1 & 0,5 & 1 & 0 & 0 \\ X_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_4 & 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0 & 0 \\ X_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_6 & 0,5 & 0 & 1 & 0,5 & 1 & 0 & 0 \\ X_7 & 0,5 & 0 & 1 & 0,5 & 1 & 0 & 0 \end{array} \quad (182)$$

$$C_7 = \begin{array}{c|ccccccc} k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ \hline X_1 & 0 & 0,25 & 0,5 & 0,25 & 0,5 & 0 & 0 \\ X_2 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0 & 0 \\ X_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_4 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0 & 0 \\ X_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X_6 & 0,5 & 0,75 & 1 & 0,75 & 1 & 0 & 0,5 \end{array} \quad (183)$$

$$\begin{array}{c}
 X_7 \mid 0 \quad 0,25 \quad 0,5 \quad 0,25 \quad 0,5 \quad 0 \quad 0 \\
 \\
 C_8 = \begin{array}{c|ccccccc}
 k/l & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\
 \hline
 X_1 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \\
 X_2 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \\
 X_3 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \\
 X_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X_5 & 0,75 & 0,5 & 0,75 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 X_6 & 0,75 & 0,5 & 0,75 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 X_7 & 0,75 & 0,5 & 0,75 & 1 & 0 & 0 & 0
 \end{array}
 \end{array} \quad (184)$$

Aplicando (42) em (177) a (184) encontramos o vetor de Não Dominância de cada critério para E_5 :

$$C_1 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 & 1 \end{array}}{\quad} \quad (185)$$

$$C_2 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 & 1 \end{array}}{\quad} \quad (186)$$

$$C_3 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 0,25 & 0,5 & 0,25 & 0,5 & 0,25 & 0,5 & 1 \end{array}}{\quad} \quad (187)$$

$$C_4 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 \end{array}}{\quad} \quad (188)$$

$$C_5 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 0,5 & 0,5 & 0,25 & 0,5 & 0,5 & 1 & 1 \end{array}}{\quad} \quad (189)$$

$$C_6 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 0,5 & 1 & 0 & 0,5 & 0 & 1 & 1 \end{array}}{\quad} \quad (190)$$

$$C_7 = \frac{\begin{array}{ccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \end{array}}{\quad} \quad (191)$$

$$C_8 = \frac{\begin{matrix} 0,5 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0 & 1 & 0,5 \\ X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 \\ 0,25 & 0,5 & 0,25 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{matrix}}{\quad} \quad (192)$$

4.3.2.1 Consenso Ótimo em Ambiente Fuzzy com uso da Terceira Técnica

Para implantação de Consenso ótimo em Ambiente *Fuzzy*, serão consideradas as preferências expressas por critério para cada especialistas decorrentes da uniformização das informações descritas em 4.3.2. Neste exemplo, a melhor alternativa deve alcançar um nível mínimo de consenso de 80%.

Passo 1) Indicação do peso de todos os especialistas utilizando $\omega_E = \frac{1}{m}$, onde $m = 5$.

Logo,

$$\omega_E = \frac{1}{5}, \quad \omega_E = 0,2 \quad (193)$$

Passo 2) Calcular o nível atual de um consenso ponderado para cada critério:

○ Critério 01 (C_1)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
E ₁	1	0,25	1	1	1	1	1
E ₂	1	0,5	0,5	0,25	0,5	0,5	0,25
E ₃	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5
E ₄	0,5	0,5	1	0,5	0,25	0,25	0,5
E ₅	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1

(194)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
Grupo	0,7	0,45	0,8	0,55	0,65	0,55	0,65

(195)

Utilizando (44) com os resultados encontrados em (193), (194) e (195), temos:

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
0,9600	0,9583	0,9567	0,9550	0,9517	0,9550	0,9517

(196)

Consenso do grupo em relação a (C_1)

$$C_{C_1}^G = 95,55\% \quad (197)$$

○ Critério 02 (C_2)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
E ₁	0,25	0,25	0,5	1	0,5	1	0,5
E ₂	0,5	0,25	0,25	0,25	1	0,25	0,25
E ₃	1	1	1	1	1	1	1
E ₄	1	0,75	1	1	1	1	0,5
E ₅	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1

(198)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
Grupo	0,65	0,55	0,65	0,75	0,9	0,75	0,65

(199)

Utilizando (44) com os resultados encontrados em (193), (198) e (199), temos:

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
0,9517	0,9517	0,9517	0,9483	0,9533	0,9483	0,9517

(200)

Consenso do grupo em relação a (C_2)

$$C_{C_2}^G = 95,10\% \quad (201)$$

○ Critério 03 (C_3)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
E ₁	0,5	0,25	1	1	1	1	1

(202)

E ₂	1	1	1	0,75	1	1	1
E ₃	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1
E ₄	0,5	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	1
E ₅	0,25	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	1
Grupo	0,55	0,5	0,65	0,65	0,65	0,7	1

(203)

Utilizando (44) com os resultados encontrados em (193), (202) e (203), temos:

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
0,9550	0,9467	0,9517	0,9683	0,9517	0,9600	0,9500

(204)

Consenso do grupo em relação a (C₃)

$$C_{C_3}^G = 95,48\% \quad (205)$$

○ Critério 04 (C₄)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
E ₁	0,5	0,25	0,5	0,5	0,5	1	0,5
E ₂	1	0,5	0,5	0,5	1	0,25	0,25
E ₃	0,75	1	0,75	1	0,75	1	1
E ₄	1	0,5	0,5	0,5	0	0,25	0,25
E ₅	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5

(206)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
Grupo	0,75	0,55	0,55	0,6	0,55	0,7	0,5

(207)

Utilizando (44) com os resultados encontrados em (193), (206) e (207), temos:

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
0,9650	0,9550	0,9717	0,9633	0,9517	0,9400	0,9467

(208)

Consenso do grupo em relação a (C_4)

$$C_{C_4}^G = 95,62\% \quad (209)$$

○ Critério 05 (C_5)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
E ₁	0,25	0,25	1	0,5	0,5	1	1
E ₂	1	0,75	1	0,5	1	0,75	0,75
E ₃	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	1	0,5
E ₄	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	1	0,5
E ₅	0,5	0,5	0,25	0,5	0,5	1	1

(210)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
Grupo	0,45	0,4	0,65	0,5	0,5	0,95	0,75

(211)

Utilizando (44) com os resultados encontrados em (193), (210) e (211), temos:

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
0,9383	0,9467	0,9517	0,9667	0,9467	0,9583	0,9650

(212)

Consenso do grupo em relação a (C_5)

$$C_{C_5}^G = 95,33\% \quad (213)$$

○ Critério 06 (C_6)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
E ₁	1	0,5	1	0,25	0,5	1	1
E ₂	1	0,75	1	1	0,75	1	0,75

(214)

E ₃	0,5	0,25	1	0,25	0,5	0,5	0,5
E ₄	1	0,25	1	0,25	0,25	0,5	1
E ₅	0,5	1	0	0,5	0	1	1

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
Grupo	0,8	0,55	0,8	0,45	0,4	0,8	0,85

(215)

Utilizando (44) com os resultados encontrados em (193), (214) e (215), temos:

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
0,9567	0,9517	0,9367	0,9383	0,9467	0,9567	0,9617

(216)

Consenso do grupo em relação a (C₆)

$$C_{C_6}^G = 94,98\% \quad (217)$$

○ Critério 07 (C₇)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
E ₁	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	1
E ₂	1	1	1	1	1	0,75	0,75
E ₃	0,5	0,25	1	0,5	0,25	0,5	1
E ₄	0,5	0,5	1	0,5	0,25	0,5	1
E ₅	0,5	0,25	0	0,25	0	1	0,5

(218)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
Grupo	0,6	0,5	0,8	0,55	0,4	0,75	0,85

(219)

Utilizando (44) com os resultados encontrados em (193), (218) e (219), temos:

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

(220)

0,9633 0,9467 0,9367 0,9550 0,9300 0,9650 0,9617

Consenso do grupo em relação a (C_7)

$$C_{C_7}^G = 95,12\% \quad (221)$$

○ Critério 08 (C_8)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
E ₁	0,5	0,25	0,5	1	0,5	1	0,5
E ₂	1	1	1	1	1	1	1
E ₃	0,5	1	1	1	0,5	0,5	1
E ₄	1	0,5	1	1	0,5	0,5	1
E ₅	0,25	0,5	0,25	0	1	1	1

(222)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
Grupo	0,65	0,65	0,75	0,8	0,7	0,8	0,9

(223)

Utilizando (44) com os resultados encontrados em (193), (222) e (223), temos:

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
0,9517	0,9517	0,9483	0,9367	0,9600	0,9567	0,9533

(224)

Consenso do grupo em relação a (C_8)

$$C_{C_8}^G = 95,12\% \quad (225)$$

Assim, é necessário diferenciar a importância das múltiplas relações de preferência entre os critérios. Dessa forma, verificamos e o nível médio do consenso ponderado para todas as alternativas aplicando (45) nas matrizes resultantes (196), (200), (204), (208), (212), (216), (220) e (224), temos:

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	
0,9383	0,9467	0,9367	0,9367	0,9300	0,9400	0,9467	(226)

Consenso do grupo sobre cada critério para cada alternativa é

$$C^G = 93,92\% \quad (227)$$

Ranking das Preferências: $X_7 > X_2 \sim X_4 > X_3 > X_1 > X_6 > X_5$

Conforme estabelecido no início do processo, e mesmo alterando a técnica de priorização, o nível mínimo de consenso foi alcançado na aplicação do Passo 2, ultrapassando os 80% inicialmente estabelecido.

5 CONCLUSÕES

Os resultados apresentados nesta pesquisa mostraram a possibilidade de se reutilizar avaliações de projetos de inovação para aplicar de diferentes métodos de priorização. No presente trabalho, converteu-se o formato de preferências utilizado pelos especialistas na avaliação dos projetos pelo MDR para o formato de preferências utilizado no modelo. A possibilidade de reutilizar as avaliações dos especialistas permite que as empresas alterem os métodos de priorização conforme sua necessidade.

Além disso, os resultados da pesquisa mostraram a possibilidade de se estabelecer o consenso das avaliações dos especialistas. Neste caso, aplicou-se a técnica de moderador, que baseado no nível de consenso estabelecido de 80%, contribui para reduzir o tempo necessário para se chegar ao consenso, manter a consistência das avaliações e dispensar a convocação dos especialistas.

Analisando também os resultados da aplicação do modelo em um caso real, evidenciamos uma vantagem substancial no processo de priorização dos projetos em relação ao processo do MDR,. Tal vantagem esta associada à priorização efetiva dos projetos. Esta contribuição permite que as empresa tomem decisões mais racionais, e que se refletirão no desenvolvimento de projetos de inovação mais promissores.

O conjunto de resultados obtidos, evidenciaram a possibilidade, viabilidade e vantagens da utilização do método de tomada de decisão multicritério para priorizar projetos de inovação. Em síntese, os benefícios gerados pelo método estão associados a assertividade, a facilidade do consenso nas avaliações e ao aproveitamento do portfólio de projetos. Este conjunto de benefícios, ao serem sistematizadas no sistema de gestão de portfólio do programa FAZ, contribuem para decisões mais racionais, e, conseqüentemente, melhores projetos de inovação.

5.1 Trabalhos Futuros

Para continuidade desta pesquisa é proposto os seguintes objetivos:

- Aplicar outros modelos de consenso em grupo que permitam um processo de discussão sistemática e interativo, sob a supervisão de um moderador humano;
- Desenvolver e aplicar este modelo de consenso de forma interativo e virtual, com o modelo de priorização;
- Desenvolver uma modelagem considerando outras restrições, tais como problemas de alocação de recursos a partir de objetivos elaborados.

6 BIBLIOGRAFIA

- ANICETO, M. D., BAGNO, R. B., ALFRADIQUE, P. H., & DE SOUZA, G. F. (2016). Avaliação de um modelo de Sistema de Gestão da Inovação a partir da experiência de implantação em empresas do estado de Minas Gerais / Evaluation of an Innovation Management System model from the implantation experience of companies from Minas Gerais. *X Workshop do Instituto de Inovação e Gestão de Desenvolvimento de Produto* (pp. 110-114). Betim: IGDP.
- ARAÚJO, B. C., & CAVALCANTE, L. R. (2011, Abril). DETERMINANTES DOS GASTOS EMPRESARIAIS EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NO BRASIL: UMA PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO. *Radar: tecnologia, produção e comércio exterior*, 9-18.
- ARNAUT, B. M., MARTINS, M. P., AMBRICO, R., & BELDERRAIN, M. C. (2012). Multimetodologias na Identificação, Seleção e Priorização de Projetos de P&D no Setor de Defesa. *XIV SIGE*. São José dos Campos.
- BAGNO, R. B., & FARIA, A. F. (2017). *O Modelo das Duas Rodas*. Belo Horizonte: Editora UFV.
- BNDES. (n.d.). *BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social*. (BNDES) Retrieved Julho 03, 2015, from <http://www.bndes.gov.br>
- BRASIL. (2004). *LEI Nº 10.973*. Brasília, DF: Congresso Nacional. Atos do Poder Legislativo, DOU, n.º 232 de 03.12.2004.
- BRASIL. (2016). *LEI Nº 13.243*. Brasília, DF: Congresso Nacional, Atos do Poder Legislativo, D.O.U. DE 12/01/2016, P. 1.
- BRASIL, Ministério de Ciência e Tecnologia. (2010). *Chamada Pública MCT/Finep - At - Pró-Inova - Núcleos de Apoio à Gestão da Inovação*. Brasília: Diário Oficial da União.
- CAVALCANTE, L. R. (2013). *Consenso difuso, dissenso confuso: paradoxos das políticas de inovação no Brasil*. Rio de Janeiro: IPEA.
- CHICLANA, F., HERRERA, F., & HERRERA-VIEDMA, E. (2001). Integrating multiplicative preference relations in a multipurpose decision-making model based on fuzzy preference relations. *Fuzzy sets and systems*, 277-291.
- COBO-BENITA, J. R., RODRÍGUEZ-SEGURA, E., ORTIZ-MARCOS, I., & BALLESTEROS-SÁNCHEZ, L. (2016, April). Innovation projects performance:

- Analyzing the impact of organizational characteristics. *Journal of Business Research*, 69(4), 1357-1360.
- COSTA, A. C., SZAPIRO, M., & CASSIOLATO, J. E. (2013). Análise da operação do instrumento de subvenção econômica à inovação no Brasil. *Conferência Internacional LALICS*. Rio de Janeiro.
- DALMARCO, G., ZANIOL, C., SELAO, D., & DRUMM, E. C. (2014). EMPREENDEDOR-COORDENADOR BRASILEIRO: ANÁLISE ATRAVÉS DA METÁFORA MÉDICO E MONSTRO. *Revista Eletrônica de Administração e Turismo-ReAT*, IV(2), 294-312.
- DE NEGRI, J. A., & KUBOTA, L. C. (2008). Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil. In *Tecnologia. Inovação. Informação. Conhecimento: Livros* (p. 607). Brasília: IPEA.
- DRUCKER, P. (2014). *Innovation and entrepreneurship*. Nova York: Routledge.
- DTI. (2003). *Innovation Report - Competing in the Global Economy: The Innovation Challenge*. London: DTI, U. K.
- FALCONI, V. (2009). O Verdadeiro Poder—Práticas de Gestão que Conduzem a Resultados Revolucionários. *INDG Tecnologia e Serviços Ltda*. Nova Lima.
- FARIA, M. d., & FONSECA, M. V. (2014). Cultura de Inovação: Conceitos e Modelos Teóricos / Culture of Innovation: Concepts and Theoretical Models. *Revista de Administração Contemporânea*, XVIII(4), 372.
- FERREIRA, B. A., ALMEIDA, J. d., LEÃO, P. R., & SILVA, N. P. (2012). RISK MANAGEMENT IN PROJECTS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF STANDARD. *Revista de Gestão e Projetos - GeP*, VI(3), 46-72.
- FIEMG. (2015). *Cartilha: FAZ - Inovação para resultados: guia da gestão da inovação*. Belo Horizonte: FIEMG - Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais.
- FIEMG. (2017, Abril 23). *Modelo das Duas Rodas - Módulo do Comitê de Implantação*. Retrieved from Youtube: Modelo das Duas Rodas - Módulo do Comitê de Implantação
- GARCÍA-QUEVEDO, J., SEGARRA-BLASCO, A., & TERUEL, M. (2017). Financial constraints and the failure of innovation projects. *Technological Forecasting and Social Change*.
- HAWKING, S. (2015). *Uma Breve História do Tempo*. Editora Intrínseca.
- IEL. (2014). *Guia da gestão da inovação: Modelo das duas Rodas*. Belo Horizonte: FIEMG - Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais.

- KUHN, T. S. (2012). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago press.
- LEMOS, K. C., & MARTINS, V. F. (2016). Modelos Atuais de Gestão de Risco. *Revista de Auditoria Governança e Contabilidae*, IV(13), 65-75.
- LIBÓRIO, M. P., FUJIMOTO, N. A., SILVA, I. S., LAUDARES, S., SILVA, W. L., & MARTINS, C. A. (2016). Programa INOVAR de gestão da inovação: características e dificuldades em PD&I no setor de telecomunicações. *Gestão da Inovação de Produtos e Serviços: pesquisas e práticas atuais*. Betim.
- LONGANEZI, T., COUTINHO, P. A., & BOMTEMPO, J. M. (2014, Setembro 23). Um Modelo Referencial Para a Prática da Inovação. *Journal of Technology Management & Innovation*, pp. 74-83.
- LU, J., ZHANG, G., RUAN, D., & WU, F. (2007). *Multi-Objective Group Decision Making*. London: Imperial College Press.
- MAIA, W. S. (2016). *AVALIAÇÃO DE RISCOS DE SUBESTAÇÕES PARA A PREVENÇÃO DE ACIDENTES UTILIZANDO TÉCNICAS DE TOMADA DE DECISÃO EM GRUPO: ANÁLISE DOS FATORES CONTRIBUINTES*. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Belo Horizonte: Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
- MATTOS, J., STOFFEL, H., & TEIXEIRA, R. (2010). *Mobilização empresarial pela inovação: cartilha gestão da inovação*. Brasília: Confederação Nacional da Indústria.
- MELO, L. M., & CARVALHO, M. B. (2013). O Financiamento da Inovação e Indicadores de Inovação: "Finep 30 dias". *Revista de Economia Contemporânea*, XVII(03), -.
- MIGUEL, P. C. (2012, Março 26). Implementação da gestão de portfolio de novos produtos: um estudo de caso. *BDPI USP - Biblioteca Digital da Produção Intelectual da Universidade de São Paulo / Departamento de Produção - EP/PRO*, pp. 388-404.
- MORAIS, J. M. (2008). Uma avaliação de programas de apoio financeiro à inovação tecnológica com base nos Fundos Setoriais e na Lei de Inovação. In *Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil* (pp. 68-105). Brasília: IPEA.
- NONAKA, I., & TAKEUCHI, H. (1995). *The knowledge creation company: how Japanese companies create the dynamics of innovation*. New York, USA: Oxford University Press.

- NUNES, P. (2016). *KNOOW. NET Enciclopédia Temática: Gestão (ou Administração) Financeira*. Retrieved Maio 29, 2016, from <http://knoow.net/cienceconempr/gestao/gestao-financeira/>
- OCDE. (2004). *Manual de Oslo: Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação*. Brasil: Organização Cooperação Desenvolvimento Econômico - OCDE.
- OCDE. (2013). *Manual de Frascati: Proposta de práticas exemplares para inquéritos sobre investigação e desenvolvimento experimental*. Brasil: Organização Cooperação Desenvolvimento Econômico - OCDE.
- ORLOVSKY, S. (1983). Problems of Decision-Making with Fuzzy Information. *IIASA Working Paper*, 028.
- ORTT, J., & VAN DER DUIN, P. (2008). The evolution of innovation management towards contextual innovation. *European journal of innovation management*, 522-538.
- PACHECO, L. M., & GOMES, E. o. (2016). Modelos de gestão da inovação em uma perspectiva comparada: contribuição para aplicação em pequenas e médias empresas. *REVISTA DA MICRO E PEQUENA EMPRESA*, X(1), 63-79.
- PARREIRAS, R. O., EKEL, P. I., MARTINI, J. S., & PALHARES, R. M. (2010). A flexible consensus scheme for multicriteria group decision making under linguistic assessments. *Information Sciences*, CLXXX(7), 01-02.
- PEDRYCZ, W., EKEL, P., & PARREIRAS, R. (2011). *Fuzzy Multicriteria Decision-Making: Models, Methods and Applications*. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication.
- PEREIRA JUNIOR, J. G., EKEL, P. I., MORENO, E. V., SILVA, I. S., SILVA, C. M., & MASCARENHAS, F. H. (2016). Decision Making in a Fuzzy Environment as Applied to Analyzing and Prioritizing Industrial Districts. *Anais do XLVIII SBPO Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Vitória.
- PEREIRA, J. C., BAIÃO, M. S., & FISCHER, A. L. (1996). Avaliação de projetos em instituições de pesquisa. *Revista de Administração da Universidade de São Paulo*, XXXI(4).
- PIERONI, J. P., PEREIRA, R. d., & MACHADO, L. (2011). *Metodologia de monitoramento e avaliação do BNDES: uma aplicação para o programa BNDES Profarma*. Rio de Janeiro: BNDES.
- PINTO, J., & SLEVIN, D. (1989). Critical success factors in R&D projects. *Research-technology management*, 32, 31-35.

- PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. (2012). *Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos: Guia PMBOK. 5. ed.* Pennsylvania: Saraiva.
- PROBST, G., RAUB, S., & ROMHARDT, K. (2009). *Gestão do conhecimento: os elementos construtivos do sucesso.* Porto Alegre: Bookman Editora.
- QUADROS, R. (2008). Aprendendo a inovar: padrões de gestão da inovação tecnológica em empresas industriais brasileiras. *Anais da Conferência Nacional da Associação Nacional de Pesquisa & Desenvolvimento das Empresas Inovadoras.* Belo Horizonte.
- QUEIROZ, J. C. (2009). *MODELOS E MÉTODOS DE TOMADA DE DECISÃO PARA APOIO À GESTÃO ESTRATÉGICA EM EMPRESAS.* Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. Retrieved from http://www.cpdee.ufmg.br/~palhares/Tese_JulioQueirozPDF
- ROTHWELL, R. (1992). Successful industrial innovation: critical factors for the 1990s. *R&d Management*, 22, 221-240.
- SAATY, T., & PENIWATI, K. (2013). *Group Decision Making: Drawing out and Reconciling Differences.* Pittsburgh: RWS Publications.
- SAUNILA, M., & UKKO, J. (2014). Intangible aspects of innovation capability in SMEs: Impacts of size and industry. *Journal of Engineering and Technology Management*, 33, 32-46.
- SCHARF, E. R., & SORIANO-SIERRA, E. J. (2008). KNOWLEDGE MANAGEMENT AND THE PERCEIVED VALUE: A SUSTAINABLE COMPETITIVE STRATEGY FOR THE KNOWLEDGE ERA. *Journal of Information Systems and Technology Management: JISTEM*, V(1), 87.
- SCHUMPETER, J. (1961). *Teoria do desenvolvimento econômico.* Rio de Janeiro: Fundo de Cultura.
- SCHUMPETER, J. A. (1982). *Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico.* São Paulo: Abril Cultural.
- SILVEIRA, M. A. (2004). Gestão estratégica da inovação em organizações: Proposta de um modelo com enfoque sistêmico. *Anais do XXIII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica.*
- SIMON, H. A. (1977). *The New Science of Management Decision.* Englewood: Prentice Hall.

- SMITH, M., BUSI, M., BALL, P., & VAN DER MEER, R. (2008, December). FACTORS INFLUENCING AN ORGANISATION'S ABILITY TO MANAGE INNOVATION: A STRUCTURED LITERATURE REVIEW AND CONCEPTUAL MODEL. *International Journal of Innovation Management*, 12(04), 655-676.
- TERRA, J. C. (2005). *TerraForum Consultores: Gestão do conhecimento: o grande desafio empresarial*. Retrieved Maio 29, 2016, from file:///C:/Users/m4th3/Downloads/Gestao_Biblioteca_Terra_Forum%20(1).pdf
- VAN DER PANNE, G., VAN BEERS, C., & KLEINKNECHT, A. (2003). Success and failure of innovation: a literature review. *International Journal of Innovation Management*, 7(03), 309-338.
- VARGAS, R. V. (2010). Utilizando a programação multicritério (Analytic Hierarchy Process - AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. *PMI Global Congress*. Washington.
- VITORIANO, B. C. (2012). *PORTAL EDUCAÇÃO: Gestão de Risco - Você sabe o que é?* VITORIANO, B. C. Retrieved Maio 29, 2016, from <http://www.portaleducacao.com.br/educacao/artigos/12107/gestao-de-risco-voce-sabe-o-que-e#ixzz4A3wmPLa0>
- WEISZ, J. (2009). *Projetos de inovação tecnológica: planejamento, formulação, avaliação, tomada de decisões*. Brasília: IEL Núcleo Central.
- ZEN, A. C., JARAMILLO, A. L., DAMBROS, Â. F., MENEZES, D. C., & MACHADO, B. D. (2014). O Papel do Governo no Apoio à Gestão de Inovação das Empresas: um estudo exploratório do Programa de Núcleos de Apoio à Gestão de Inovação. *XXII Workshop ANPROTEC* (pp. 1-15). Belém: Anprotec.
- ZHANG, Q., WANG, Y., & YANG, Y. (2007). Fuzzy multiple attribute decision making with eight types of preference information on alternatives. *Computational Intelligence in Multicriteria Decision Making* (pp. 288-293). Honolulu: IEEE.

7 ANEXO

ANEXO A - Questões norteadoras para preenchimento do formulário

1. Descrição do projeto: Descrição sucinta do Projeto, com detalhamento técnico de execução.
2. Oportunidade: Qual a percepção da empresa em relação ao mercado consumidor e/ou o retorno com a implantação deste projeto no âmbito interno e externo?
3. Estágio: Qual fase o projeto se encontra no momento do pleito do recurso para o projeto?
4. Objetivos estratégicos: Qual objetivo estratégico este projeto propõe atender?
5. Retornos Esperados: Qual o benefício para a empresa com a implantação deste projeto?
6. Propriedade intelectual/Impacto Legislativo: Verifica se houve uma pesquisa de anterioridade e se o resultado deste projeto irá gerar Depósito de Patente, Desenho Industrial, etc. ou poderá impactar positivamente na execução de normas regulamentares;
7. Necessidade de Suporte externo: Para a execução técnica do projeto a empresa necessita de apoio de terceiros para o desenvolvimento e implantação do projeto?
8. Parcerias para desenvolvimento: Quem é o parceiro no desenvolvimento do projeto?
9. Valor total do projeto: Investimento total até a fase de implantação
10. Recurso Interno disponibilizado: Quanto de recurso a empresa irá investir neste projeto?
11. Contrapartida Recurso Externo: Quanto é o volume de recurso que a empresa irá captar de terceiros para executar este projeto?
12. Origem deste recurso: De onde o recurso será captado?
13. Prazo de execução: Em quanto tempo o projeto será executado até a fase de implantação?

ANEXO B - Configuração dos critérios segundo MDR

FAZ Gestão do Portfólio e do Plano Agregado de Projetos Planilha de configuração dos critérios de avaliação e controle - Cesta:Processos

Obs: Definir uma planilha para cada cesta de projetos (Produto, Processo, Organizacional, etc.)

ORIGEM DAS IDEIAS	Níveis de consumo de recursos	Referência	FOMENTO	Objetivo estratégico	CRITÉRIO DE ANÁLISE	Peso	%	EIXOS DA MATRIZ	Notas possíveis
Programa interno	1	<1mil	Recurso próprio	1-Diminuir Custo	Necessidade de mercado percebida	1	25%	Oportunidade para o negócio	1
Fornecedor	3	1mil<x<5mil	Empresa parceira	2-Aumentar a percepção de valor pelo cliente	Benefícios econômicos	1	25%		3
Cliente	5	5mil<x<20mil	Cliente	3-Aumentar receita	Alinhamento Estratégico	1	25%		5
Concorrente	7	20mil<x<100mil	FAPEMIG		Ausência de Barreira à implantação	1	25%	Capacidade para desenvolver	9
Outros	9	>100mil	FINEP		Maturidade da ideia	1	25%		
			RETEC-AMITEC		Facilidade Técnica	1	25%		
					Disp. de Recurso (Pessoas / Infraestrutura)	1	25%		
					Tempo até implantação	1	25%		

Parecer	Prazo de execução	Referência	Etapas	Prazo de execução
Ideia			0 - Planejamento	Curto Prazo (até 6 meses) 1
Arquivado	1	>9meses	1 - Identif. Nec.	Médio Prazo (6 a 12 meses) 2
Em espera	3	3 meses<x<6 meses	2 - Teste conceito	Longo Prazo (acima de 12 meses) 3
Ativo	5	1 meses<x<3 meses	3 - Projeto básico	
Concluído	9	<1mês	4 - Projeto detalhado	
			5 - Prep. Implantação	
			6 - Impl. e resultados	
			Concluído	

Níveis de consumo de recursos	Referência
1	<1mil
3	1mil<x<5mil
5	5mil<x<20mil
7	20mil<x<100mil
9	>100mil

Fonte: (FIEMG, 2015)

ANEXO C - Notas dos Especialistas

Especialista	Projeto	Critério	
		Capacidade	Oportunidade

		C₁	C₂	C₃	C₄	C₅	C₆	C₇	C₈
E₁	X₁	9	3	5	5	3	9	5	5
	X₂	3	3	3	3	3	5	5	3
	X₃	9	5	9	5	9	9	9	5
	X₄	9	9	9	5	5	3	5	9
	X₅	9	5	9	5	5	5	5	5
	X₆	9	9	9	9	9	9	9	9
	X₇	9	5	9	5	9	9	9	5
E₂	X₁	9	5	5	9	5	5	5	5
	X₂	5	3	5	5	3	3	5	5
	X₃	5	3	5	5	5	5	5	5
	X₄	3	3	3	5	1	5	5	5
	X₅	5	9	5	9	5	3	5	5
	X₆	5	3	5	3	3	5	3	5
	X₇	3	3	5	3	3	3	3	5
E₃	X₁	5	5	5	3	3	5	5	5
	X₂	5	5	5	5	3	3	3	9
	X₃	9	5	5	3	5	9	9	9
	X₄	5	5	5	5	5	3	5	9
	X₅	5	5	5	3	3	5	3	5
	X₆	5	5	5	5	9	5	5	5
	X₇	5	5	9	5	5	5	9	9
E₄	X₁	5	5	5	9	3	9	5	9
	X₂	5	3	3	5	3	3	5	5
	X₃	9	5	5	5	5	9	9	9
	X₄	5	5	5	5	3	3	5	9
	X₅	3	5	5	1	1	3	3	5
	X₆	3	5	5	3	5	5	5	5
	X₇	5	1	9	3	1	9	9	9
E₅	X₁	5	3	3	1	5	5	5	3
	X₂	5	3	5	1	5	9	3	5
	X₃	5	3	3	1	3	1	1	3
	X₄	5	1	5	1	5	5	3	1

	X ₅	9	9	3	1	5	1	1	9
	X ₆	5	5	5	5	9	9	9	9
	X ₇	9	3	9	1	9	9	5	9

ANEXO D - Ferramenta Gestão do Portfólio e do Plano Agregado de Projetos do MDR

CÓD. DA PROPOSTA	45	ORIGEM	PROGRAMA INTERNO
PROPOSTA		RESPONSÁVEL	
Exemplo 1		Marcelo	Parceria: Não
DESCRIÇÃO DA PROPOSTA			
Reestruturação área de vendas e orçamento			
STATUS	GATE	PROP. INTELECTUAL / IMPACTO LEGISTALTIVO	
Ativo	4 - Projeto detalhado	Não	
OPORTUNIDADE PARA O NEGÓCIO		CAPACIDADE PARA DESENVOLVER	
Necessidade de mercado	1	Maturidade da ideia	5
Benefícios econômicos	5	Complexidade técnica	9
Alinhamento estratégico	9	Disp. de recursos	5
Barreira à implantação	9	Tempo até implantação	9
OPORTUNIDADE MÉDIA 6,3		CAPACIDADE MÉDIA 7,7	
ANÁLISE DAS IDEIAS			TIPO DE RECURSO
Cadastro	Parecer comitê	Feedback proponente	Recurso interno (Dimensão)
23/05/2014	28/05/2014	15/06/2015	<10 mil
			Recurso Externo (Viabilidade/Origem)
			Recurso próprio
ACOMPANHAMENTOS			
Verificar possibilidade de alocação de mais pessoas ao projeto			

Fonte: (FIEMG, 2015)

8 APÊNDICE

APÊNDICE A - Modelo de formulário para análise de projetos

AVALIAÇÃO DE PROJETOS INOVADORES

Código	
PROPOSTA	
Descrição do Projeto	
Oportunidade	
Indicador	Necessidade de mercado percebida <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 9
Estágio do projeto	
Objetivo Estratégico	
Retornos Esperados	
Indicador	Maturidade da Ideia <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 9
Indicador	Alinhamento Estratégico <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 9
Indicador	Benefícios Económicos <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 9
Propriedade IntelectualImpacto Legislativo	
Indicador	Ausência de barreira a implantação <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 9
Capacidade de execução técnica	
Necessidade de Suporte Externo	
Parceira	
Valor total do projeto	
Recurso interno (Dimensão)	
Recurso Externo (Viabilidade)	
Recurso Externo (Origem)	
Prazo de Execução	
Observações	
Indicador	Facilidade Técnica <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 9
Indicador	Disponibilidade de Recursos (Pessoas / Infraestrutura) <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 9
Indicador	Tempo de Implantação <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 9