

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**AVALIAÇÃO DE SINERGIAS NA SELEÇÃO DE PORTFÓLIO  
DE PROJETOS DE TECNOLOGIA E SISTEMAS DE  
INFORMAÇÃO**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UFPE  
PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE  
POR

**JOSILENE ALVES MONTEIRO**

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Ana Paula Henriques Gusmão de Araújo Lima, DSc.

CARUARU, DEZEMBRO / 2016

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária ã Marcela Porfírio CRB/4 ã 1878

M775a Monteiro, Josilene Alves.  
Avaliação de sinergias na seleção de portfólio de projetos de tecnologia e sistemas de informação. / Josilene Alves Monteiro. ã 2016.  
100f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Ana Paula Henriques Gusmão de Araújo Lima.  
Dissertação (Mestrado) ã Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2016.  
Inclui Referências.

1. Tecnologia da informação. 2. Sistemas de informação. 3. Processo decisório por critério múltiplo. I. Lima, Ana Paula Henriques Gusmão de Araújo (Orientadora). II. Título.

658.5 CDD (23. ed.) UFPE (CAA 2016-358)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA  
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE  
MESTRADO ACADÊMICO DE  
**JOSILENE ALVES MONTEIRO**

*“Avaliação de Sinergias na Seleção de Portfólio de Projetos de Tecnologia e Sistemas de Informação”*

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: OTIMIZAÇÃO E GESTÃO DA PRODUÇÃO

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do(a) primeiro(a), considera a candidata **JOSILENE ALVES MONTEIRO**, **aprovada**.

Caruaru, 15 de dezembro de 2016.

---

Prof.<sup>a</sup> ANA PAULA HENRIQUES GUSMÃO DE ARAÚJO LIMA, Doutora (UFPE)

---

Prof.<sup>a</sup> MAÍSA MENDONÇA SILVA, Doutora (UFPE)

---

Prof.<sup>a</sup> ANNIELLI ARAÚJO RANGEL CUNHA, Doutora (UFPE)

Aos meus pais, Lusinete e Manoel, a minha  
família e àqueles amigos que sempre  
estiveram comigo me apoiando e  
incentivando nesta jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado o dom da sabedoria e pela luz e força com que guiou meus passos na realização deste projeto.

Aos meus pais, Lusinete e Manoel, por terem sido o alicerce principal para o meu crescimento. A meu irmão Josimar, ao meu namorado Fabiano e demais familiares pelo carinho e por todo o incentivo nesta jornada.

A minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Ana Paula Henriques Gusmão de Araújo Lima, DSc., por compartilhar seu conhecimento e pelas orientações durante o desenvolvimento desta dissertação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro Acadêmico do Agreste (PPGEP-CAA) pela oportunidade de realizar o mestrado. Ao secretário do PPGEP-CAA, George Andrade, que sempre esteve à disposição para auxiliar e tirar as dúvidas durante a realização do curso.

A todos os professores do PPGEP-CAA pelo aprendizado adquirido para o meu crescimento profissional. Aos colegas de mestrado pelos conhecimentos compartilhados nos últimos dois anos.

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Grupo de Pesquisa em Sistemas de Informação e Decisão do Centro Acadêmico do Agreste (GPSID-CAA) pelo suporte estrutural fornecido. Aos meus colegas de laboratório pelo apoio, em especial, a Plínio Ramos, que juntos desenvolvemos artigos científicos e compartilhamos conhecimento sobre os temas base desta dissertação.

Aos meus verdadeiros amigos, que acreditaram em mim e sempre estiveram ao meu lado durante a realização desta pesquisa. Em especial, a minha amiga e colega de mestrado Thaísa Paula pelos estudos e, sobretudo, pelo apoio e força durante nossa jornada acadêmica desde a graduação. Assim como, a Edinalva Carvalho e a Jessika Rufino pela ajuda incondicional na reta final desta dissertação.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente estiveram comigo e contribuíram para o resultado final desta pesquisa. Muito Obrigada!

*ôCaminhar apesar da distância;  
Vencer apesar dos obstáculos;  
Sonhar apesar das decepções;  
Sorrir apesar das angústias;  
Crer em Deus acima de tudo.ô*

(Padre Marcelo Rossi)

## RESUMO

Na gestão de portfólio de projetos de tecnologia da informação (TI) e sistemas de informação (SI) a sinergia é um aspecto relevante a ser considerado, visto que os projetos de TI e SI apresentam um grande potencial sinérgico. Dessa forma, se faz necessário avaliar mecanismos que possibilitem mensurar a sinergia entre os projetos e, por conseguinte, apoiar decisões com relação aos investimentos em TI/SI. Esta pesquisa propõe dois modelos baseados em métodos de apoio multicritério a decisão (AMD) para o gerenciamento de portfólio de projetos de TI/SI considerando a avaliação de sinergias entre os projetos no portfólio. Primeiramente, foi abordado um modelo que considera a avaliação das sinergias de forma geral entre as combinações de projetos de TI/SI para a formação de um portfólio ideal considerando as restrições impostas ao problema de decisão, baseado no método PROMETHEE V. Em seguida, foi proposto um modelo baseado em uma adaptação da função valor do método de agregação aditivo, que inclui dois aspectos: a aplicação do modelo de agregação aditivo e a avaliação de três tipos de sinergias de TI/SI entre os projetos no portfólio predeterminado pela organização. Por fim, para cada modelo, uma aplicação numérica foi feita de forma a exemplificar a aplicação dos modelos em tomadas de decisão, mostrando que as sinergias têm um grande impacto na seleção de portfólios de projetos de TI/SI, visto que a consideração de sinergias traz alterações na solução recomendada quando comparado à utilização dos métodos de AMD sem a avaliação de sinergias.

**Palavras-chave:** Tecnologia e Sistemas de Informação. Portfólio de Projetos. Avaliação de Sinergias. Decisão Multicritério.

## ABSTRACT

When managing a portfolio of information technology (IT) and information systems (IS) projects, synergy is considered a relevant aspect, since IT and IS projects have a great synergistic potential. Therefore, mechanisms must be evaluated that may make it possible to measure the synergy between the projects and thus, to support decisions concerning investments in IT/IS. This paper proposes two models, based on multicriteria decision aid (MCDA) methods for managing such a portfolio, that include evaluating synergies between the projects in the portfolio. First of all, a study of a model was undertaken that evaluates the synergies in general between the combinations of IT/IS projects that would form an ideal portfolio. The model takes into consideration the restrictions imposed on the decision problem. This study was based on the PROMETHEE V method. Next, a model was proposed based on adapting the value function of the additive aggregation method, which includes two aspects: applying the additive aggregation model and evaluating three sorts of IT/IS synergies between the projects in the portfolio which the organization had predetermined. Finally, for each model, a numerical application was made so as to exemplify the applicability of the models for decision making. This showed that synergies have a great impact on selecting IT/IS projects for a portfolio, given that taking synergies into account brings about changes in the recommended solution when contrasted with using MCDA methods which do not evaluate synergies.

**Keywords:** Information Technology and Information Systems. Project Portfolio. Evaluation of Synergies. Multicriteria Decision Aid.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1 ã Percentual médio anual dos gastos e investimentos em TI/SI (% Faturamento Líquido)..... | 17 |
| Figura 2.1 ã Sistemas de informação no ambiente organizacional .....                                 | 22 |
| Figura 2.2 ã Relações entre projetos, programas e portfólios .....                                   | 25 |
| Figura 2.3 ã Interações entre os atores no processo decisório nas organizações .....                 | 33 |
| Figura 2.4 ã Fluxo de saída .....                                                                    | 38 |
| Figura 2.5 ã Fluxo de entrada.....                                                                   | 39 |
| Figura 2.6 ã Avaliação de independência preferencial entre quatro alternativas.....                  | 45 |
| Figura 3.1 ã Três tipos de sinergias de TI/SI em um portfólio com dois projetos .....                | 49 |
| Figura 4.1 ã Fluxograma das fases e etapas para a aplicação do primeiro modelo .....                 | 58 |
| Figura 4.2 ã Identificação dos potenciais projetos de TI/SI na organização.....                      | 60 |
| Figura 4.3 ã Fluxograma das fases e etapas para a aplicação do segundo modelo .....                  | 75 |
| Figura 4.4 ã Elicitação de sinergias em pares para três projetos.....                                | 78 |
| Figura 4.5 ã Elicitação simplificada das sinergias de TI/SI em pares entre três projetos.....        | 78 |
| Figura 4.6 ã Circuito de elicitação das sinergias de TI/SI em pares entre três projetos .....        | 79 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 4.1 ñ Alternativas de combinações de projetos de TI/SI .....                         | 65 |
| Tabela 4.2 ñ Conversão da escala de Likert dos critérios.....                               | 66 |
| Tabela 4.3 ñ Matriz de decisão considerando as sinergias.....                               | 66 |
| Tabela 4.4 ñ Pesos e função de preferência dos critérios.....                               | 67 |
| Tabela 4.5 ñ Fluxos líquidos das combinações de projetos de TI/SI.....                      | 67 |
| Tabela 4.6 ñ Valores da restrição de orçamento.....                                         | 68 |
| Tabela 4.7 ñ Resultado do portfólio de projetos de TI/SI.....                               | 69 |
| Tabela 4.8 ñ Resultados da análise de sensibilidade.....                                    | 70 |
| Tabela 4.9 ñ Matriz de decisão sem a consideração das sinergias .....                       | 72 |
| Tabela 4.10 ñ Fluxos líquidos dos projetos de TI/SI .....                                   | 72 |
| Tabela 4.11 ñ Resultado do portfólio de projetos de TI/SI sem considerar as sinergias ..... | 72 |
| Tabela 4.12 ñ Efeitos de sinergia na escala numérica de avaliação .....                     | 79 |
| Tabela 4.13 ñ Alternativas de portfólios de projetos de TI/SI .....                         | 85 |
| Tabela 4.14 ñ Conversão da escala de Likert dos critérios C3 e C4.....                      | 86 |
| Tabela 4.15 ñ Avaliação dos três tipos de sinergias aos pares .....                         | 86 |
| Tabela 4.16 ñ Proporção de investimento em TI/SI dos projetos no portfólio.....             | 87 |
| Tabela 4.17 ñ Parâmetros dos projetos .....                                                 | 87 |
| Tabela 4.18 ñ Risco máximo ( $RK_0$ ) .....                                                 | 88 |
| Tabela 4.19 ñ Sinergia geral ( $S$ ) .....                                                  | 88 |
| Tabela 4.20 ñ Matriz de consequência e constantes de escalas.....                           | 89 |
| Tabela 4.21 ñ Resultados da função valor global $v(w)$ .....                                | 89 |
| Tabela 4.22 ñ Resultados da função valor global $v(p)$ .....                                | 90 |
| Tabela 4.23 ñ Comparação entre as ordens dos resultados finais .....                        | 90 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 2.1 ã Diferentes efeitos da sinergia entre os elementos $A + B$ ..... | 30 |
| Quadro 2.2 ã Tipos de função de preferência dos métodos PROMETHEE .....      | 37 |
| Quadro 4.1 ã Projetos de TI/SI selecionados .....                            | 64 |
| Quadro 4.2 ã Critérios.....                                                  | 65 |
| Quadro 4.3 ã Critérios levantados .....                                      | 85 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|                  |                                                                             |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>AHP</b>       | <i>Analytic Hierarchy Process</i>                                           |
| <b>AMD</b>       | Apoio Multicritério a Decisão                                               |
| <b>ANP</b>       | <i>Analytic Network Process</i>                                             |
| <b>BSP</b>       | <i>Business System Planning</i>                                             |
| <b>ELECTRE</b>   | <i>Elimination et Choix Traduisant la Réalité</i>                           |
| <b>FANP</b>      | <i>Fuzzy Analytic Network Process</i>                                       |
| <b>FGV/EAESP</b> | Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas |
| <b>GAIA</b>      | <i>Geometrical Analysis for Interactive Aid</i>                             |
| <b>LINDO</b>     | <i>Linear Interactive and Discrete Optimizer</i>                            |
| <b>MAUT</b>      | Teoria da Utilidade Multiatributo                                           |
| <b>MCDA</b>      | <i>Multicriteria Decision Aid</i>                                           |
| <b>PMI</b>       | <i>Project Management Institute</i>                                         |
| <b>PO</b>        | Pesquisa Operacional                                                        |
| <b>PROMETHEE</b> | <i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation</i>     |
| <b>P&amp;D</b>   | Pesquisa e Desenvolvimento                                                  |
| <b>RBV</b>       | <i>Resource-Based View</i>                                                  |
| <b>ROI</b>       | Retorno sobre Investimento                                                  |
| <b>SI</b>        | Sistemas de Informação                                                      |
| <b>SMART</b>     | <i>Simple Multi-attribute Rating Technique</i>                              |
| <b>SODA</b>      | <i>Strategic Options Development and Analysis</i>                           |
| <b>TI</b>        | Tecnologia da Informação                                                    |
| <b>VFT</b>       | <i>Value Focused Thinking</i>                                               |

## SUMÁRIO

|                                                                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                  | <b>15</b> |
| <b>1.1 Contextualização .....</b>                                                                         | <b>15</b> |
| <b>1.2 Justificativas.....</b>                                                                            | <b>16</b> |
| <b>1.3 Objetivos.....</b>                                                                                 | <b>18</b> |
| 1.3.1 Objetivo Geral.....                                                                                 | 18        |
| 1.3.2 Objetivos Específicos .....                                                                         | 18        |
| <b>1.4 Metodologia da Pesquisa.....</b>                                                                   | <b>18</b> |
| <b>1.5 Estrutura da Dissertação .....</b>                                                                 | <b>20</b> |
| <br>                                                                                                      |           |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>                                                                      | <b>21</b> |
| <b>2.1 Tecnologia da Informação e Sistemas de Informação .....</b>                                        | <b>21</b> |
| <b>2.2 Gestão de Portfólio de Projetos .....</b>                                                          | <b>24</b> |
| <b>2.3 Sinergia.....</b>                                                                                  | <b>28</b> |
| 2.3.1 Efeitos da Sinergia .....                                                                           | 29        |
| <b>2.4 Apoio Multicritério a Decisão .....</b>                                                            | <b>31</b> |
| 2.4.1 Atores no Processo Decisório .....                                                                  | 32        |
| 2.4.2 Problemáticas de Referência.....                                                                    | 33        |
| 2.4.3 Métodos de Apoio Multicritério a Decisão .....                                                      | 34        |
| 2.4.3.1 Família de Métodos PROMETHEE .....                                                                | 36        |
| 2.4.3.2 Modelo de Agregação Aditivo Determinístico .....                                                  | 44        |
| <br>                                                                                                      |           |
| <b>3 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>                                                                      | <b>47</b> |
| <b>3.1 Sinergias de Tecnologia e Sistemas de Informação.....</b>                                          | <b>47</b> |
| 3.1.1 Tipos de Sinergias de TI/SI .....                                                                   | 49        |
| <b>3.2 Métodos Multicritério para Problemas de Portfólio de TI/SI sem a Consideração da Sinergia.....</b> | <b>50</b> |
| <b>3.3 Consideração da Sinergia na Abordagem Multicritério em Problemas de Portfólio</b>                  | <b>52</b> |
| <br>                                                                                                      |           |
| <b>4 MODELOS PROPOSTOS.....</b>                                                                           | <b>55</b> |
| <b>4.1 Visão Geral dos Modelos.....</b>                                                                   | <b>55</b> |
| <b>4.2 Modelo Multicritério Baseado no PROMETHEE V .....</b>                                              | <b>56</b> |

|                                                                        |               |
|------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 4.2.1 Caracterização do Problema .....                                 | 59            |
| 4.2.2 Aplicação do Método Multicritério.....                           | 61            |
| 4.2.3 Aplicação Numérica do Modelo .....                               | 63            |
| 4.2.3.1 Discussão comparativa dos resultados do PROMETHEE V.....       | 71            |
| <b>4.3 Modelo Multicritério Baseado na Função Valor Aditiva.....</b>   | <b>73</b>     |
| 4.3.1 Caracterização do Problema .....                                 | 76            |
| 4.3.2 Avaliação das sinergias de TI/SI.....                            | 77            |
| 4.3.3 Aplicação do Método Multicritério.....                           | 82            |
| 4.3.4 Aplicação Numérica do Modelo .....                               | 84            |
| <b>4.4 Análise dos Modelos Propostos e dos Resultados Obtidos.....</b> | <b>91</b>     |
| <br><b>5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....</b>                       | <br><b>93</b> |
| <br><b>REFERÊNCIAS.....</b>                                            | <br><b>95</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, em primeiro lugar, será apresentada a contextualização do trabalho, a fim de possibilitar a compreensão sobre os temas em estudo. Na sequência serão expostas as justificativas e os objetivos ã geral e específicos ã do estudo, mostrando as principais contribuições que o trabalho busca proporcionar. Além disso, este capítulo ainda abordará a metodologia de pesquisa e apresentará a estrutura desta dissertação.

### 1.1 Contextualização

No ambiente competitivo, torna-se imprescindível que as organizações busquem gerenciar bem as informações que permeiam seus negócios para conseguir atingir um diferencial no mercado. Nesse contexto, a tecnologia da informação (TI) e os sistemas de informação (SI) são recursos estratégicos, oferecendo às organizações a possibilidade de desenvolver novas ferramentas que proporcionam vantagens (McFarlan, 1984; Chen, 2012).

A TI e SI vem, ao longo das décadas, se adaptando de forma rápida às mudanças (Ward, 2012). Segundo de Reyck *et al.* (2005), esse fato favorece o aumento do uso de TI/SI e o desafio de como gerenciar melhor os projetos no setor, para ampliar seus benefícios com alcance dos objetivos organizacionais. Desta forma, as organizações estão cada vez mais interessadas no gerenciamento de projetos de TI/SI como um portfólio, uma vez que a gestão de portfólio de projetos de TI/SI permite as organizações alcançar um alinhamento com a estratégia do negócio e os projetos de TI/SI, promovendo, assim, seu alinhamento estratégico (Baets, 1992; Ajjan *et al.*, 2013).

A gestão de portfólio de projetos de TI/SI ajuda a determinar a exata combinação de projetos e o correto nível de investimento em TI/SI para cada projeto, através do equilíbrio entre os riscos e os retornos dos projetos (Gleisberg *et al.*, 2008; Ajjan *et al.*, 2013). Contudo, é sabido que investimentos nessas áreas não se dão de forma individualizada, mas sim, considerando um conjunto de tecnologias e/ou sistemas. Nesse sentido, conforme Cho & Shaw (2009) e Cho *et al.* (2013), ganha destaque o uso da sinergia pelas empresas na avaliação do portfólio de TI/SI.

De Almeida & Duarte (2011) afirmam que a sinergia carrega a noção de cooperação entre as partes, característica importante na gestão dos projetos no portfólio, visto que no problema de portfólio, além das características individuais, a interação sinérgica entre os

projetos são consideradas (López & de Almeida, 2014). Além disso, a avaliação de sinergias nas áreas de TI e SI ajuda as organizações a adquirirem vantagens e valor, desde que elas estejam adequadas às estratégias corporativas (Xiang *et al.*, 2013).

Desta forma, na tomada de decisão sobre o problema de portfólio, as sinergias vêm sendo consideradas um tema de interesse para profissionais, organizações e partes interessadas, visto que pode proporcionar benefícios significativos (Goold & Campbell, 1998; Cho & Shaw, 2009; de Almeida & Duarte, 2011; Cho *et al.*, 2013; Lopes & de Almeida, 2015a). Além disso, segundo Lee & Kim (2001) e Gleisberg *et al.* (2008), as decisões sobre os portfólios de projetos de TI/SI estão relacionadas com vários critérios que visam um melhor desempenho. Desta forma, os autores consideram como alternativa plausível, na tomada de decisão, as metodologias de apoio multicritério a decisão (AMD) devido sua característica de auxiliar na decisão onde existem múltiplos objetivos a serem alcançados (Gomes *et al.*, 2006; de Almeida, 2013).

Dentro do contexto, esta pesquisa busca auxiliar na gestão de portfólio de projetos de TI/SI, proporcionando modelos de decisão multicritério para selecionar as melhores opções de portfólios, de forma a englobar os diversos critérios considerados, bem como o impacto das sinergias entre os projetos no portfólio. A próxima seção apresentará as justificativas da pesquisa.

## 1.2 Justificativas

No cenário organizacional, os investimentos em TI/SI vêm acompanhando a crescente necessidade de buscar informações úteis para a tomada de decisão. A pesquisa anual, realizada pela Fundação Getúlio Vargas (FGV/EAESP, 2016) sobre o uso da tecnologia da informação, aponta que as empresas brasileiras vêm ampliando os gastos e investimentos em TI/SI ao longo dos anos, registrando, em 2015, o percentual médio de 7,6% sobre o faturamento líquido das empresas e deverá chegar aos anos seguintes a valores acima de 8%, conforme visualizado na Figura 1.1.

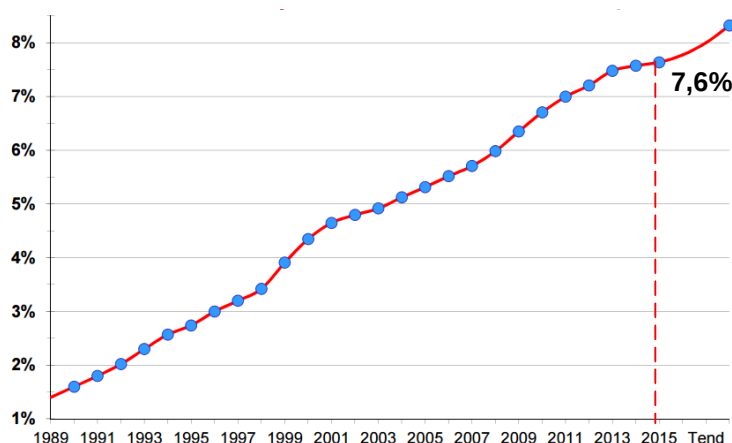


Figura 1.1  $\bar{n}$  Percentual média anual dos gastos e investimentos em TI/SI (% Faturamento Líquido)

Fonte: FGV/EAESP (2016)

Esse aumento nos gastos e investimentos em TI/SI faz com que as empresas tenham um amplo portfólio de projetos de TI/SI disponíveis para a execução. Assim, cada vez mais é necessário que as empresas tenham metodologias que suportem a gestão de um conjunto de projetos TI/SI. Nesse cenário, a fim de melhorar o seu desempenho, o gerenciamento de portfólio de projetos de TI/SI é visto como uma resposta eficaz a essas necessidades organizacionais (Ajjan *et al.*, 2013).

Porém, devido às várias restrições de recursos e orçamentos, os gestores precisam tomar decisões sobre quais projetos de TI/SI serão priorizados na execução, em detrimento de outros. Isso tem tornado cada vez mais complexa a tomada de decisão sobre a gestão de portfólio de projetos de TI/SI, de forma que as organizações tenham retornos satisfatórios sobre os investimentos no setor.

Nesse contexto, segundo Cho & Shaw (2009), na gestão de portfólio de projetos de TI/SI, a sinergia entre os projetos permite que a empresa obtenha retorno adicional de seus investimentos entre os vários recursos de TI/SI, visto que as tecnologias e os sistemas de informação, comparativamente com outras áreas, têm um maior potencial de valorização da sinergia. No entanto, mesmo com tal importância, a literatura apresenta uma lacuna de estudos sobre métodos para a gestão e seleção de portfólio de projetos de TI/SI considerando a sinergia entre os projetos.

Diante desta lacuna o presente trabalho busca demonstrar como a avaliação de sinergias entre os diferentes projetos de TI/SI e a utilização de abordagens de apoio multicritério a decisão pode contribuir para a seleção de portfólio de projetos de TI/SI. Nesse sentido, os modelos apresentados nesta dissertação são relevantes, à medida que fornecem metodologias

para auxiliar os gestores em uma tomada de decisão mais eficaz para o problema de portfólio dentro das áreas de TI/SI das empresas. A partir dessas justificativas, na sequência, serão apresentados os objetivos da pesquisa.

### **1.3 Objetivos**

Nesta seção serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos com o propósito de explicitar qual a finalidade desta dissertação.

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Esta dissertação tem o seguinte objetivo geral: apresentar como a avaliação de sinergias entre os projetos de TI/SI e a utilização de abordagens de apoio multicritério a decisão pode contribuir para a seleção de portfólio de projetos de TI/SI.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Com base no objetivo geral apresentado anteriormente, os objetivos específicos desta pesquisa são os seguintes:

- ❖ propor dois modelos baseados em métodos de apoio multicritério a decisão para a seleção de portfólio de projetos de TI/SI considerando a avaliação de sinergias entre os projetos no portfólio, de forma a englobar métodos com características diferenciadas para atender a estrutura de preferência do decisor;
- ❖ apresentar metodologias para fazer a avaliação das sinergias entre os projetos de TI/SI no portfólio com dois ou mais projetos;
- ❖ realizar uma aplicação para mostrar a viabilidade de cada modelo proposto.

A seguir será abordado o procedimento metodológico desta pesquisa.

### **1.4 Metodologia da Pesquisa**

O método de pesquisa está relacionado aos procedimentos científicos escolhidos pelo pesquisador para descrever e explicar o fenômeno estudado. Assim, segundo Marconi & Lakatos (2011), pesquisa pode ser definida como um procedimento formal com método de

pensamento reflexivo que requer um tratamento científico, constituindo o caminho para conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais. A partir desse entendimento, esta pesquisa pode ser caracterizada como sendo de natureza aplicada, com objetivos exploratórios, fundamentada, quanto aos procedimentos, pela pesquisa bibliográfica e também pela pesquisa operacional (PO), através da modelagem do problema na construção dos modelos de decisão, tendo assim, um enfoque quantitativo.

Quanto à natureza, o estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, pois o mesmo tem finalidade prática (Vergara, 2009), uma vez que espera-se que os modelos propostos por este trabalho possam ser utilizados por organizações que buscam uma metodologia formal para a seleção de portfólio de projetos de TI/SI de forma eficaz, considerando as adaptações necessárias ao contexto.

Quanto aos objetivos, a pesquisa é exploratória, pois desenvolveu uma melhor compreensão dos temas estudados (Hair Jr. *et al.*, 2005). Desta forma, esta pesquisa trata-se também de um estudo bibliográfico, pois a fundamentação teórica e a revisão da literatura desta pesquisa utilizaram artigos de periódicos, estudos publicados em anais de congressos, livros e outras fontes que possuem relevância acerca dos temas, com intuito de ter uma base consistente de informações a ser usadas no estudo. A pesquisa bibliográfica abrange materiais acessíveis ao público em relação ao tema em estudo, com finalidade de colocar o pesquisador em contato direto com o que foi abordado sobre determinado assunto (Marconi & Lakatos, 2011).

Ainda, quanto aos procedimentos, a metodologia adotada neste trabalho baseia-se na modelagem matemática da PO descrita por Cauchick Miguel (2010), caracterizada em cinco fases: (1) definição do problema, (2) construção do modelo, (3) solução do modelo, (4) validação do modelo e (5) implementação da solução.

Na definição do problema foram definidos o escopo do problema de seleção de portfólio, as características e as variáveis necessárias para a criação dos modelos propostos. Na fase de construção do modelo, com base nas informações coletadas na primeira fase, foram desenvolvidos dois modelos de decisão multicritério para seleção de portfólio de projetos de TI/SI, considerando a avaliação de sinergias entre os projetos no portfólio. A terceira fase diz respeito à aplicação dos métodos para resolver os modelos propostos na fase anterior. Para a aplicação, nesta pesquisa, foram usados dados de um estudo de caso anterior e valores numéricos para a avaliação das alternativas segundo os critérios levantados, a fim de obter a melhor recomendação de portfólio de projetos de TI/SI, através do uso de métodos de AMD. Posteriormente, na quarta fase foi verificado se os modelos propostos representam

adequadamente o problema em estudo, observando se os resultados recomendados estão condizentes com o contexto do problema. A quinta, e última fase, envolve a implantação dos resultados na prática da organização. No entanto, a implementação da solução recomendada foge ao escopo desta pesquisa.

Desta forma, quanto ao enfoque do problema de decisão, esta pesquisa caracteriza-se como quantitativa, por fazer uso da técnica de modelagem da PO (Cauchick Miguel, 2010), isso, na proposição dos dois modelos de apoio multicritério a decisão para o problema de seleção de portfólio. Na próxima seção será apresentada a estrutura desta dissertação.

## 1.5 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos. No capítulo 1, **Introdução**, foi apresentada a contextualização, as justificativas para o desenvolvimento do trabalho, os objetivos e a metodologia da pesquisa.

No capítulo 2 será retratada a **Fundamentação Teórica** que contextualiza o trabalho, focando os seguintes temas: tecnologia da informação e sistemas de informação; gestão de portfólio de projetos; sinergia e a abordagem de apoio multicritério a decisão.

No capítulo 3, **Revisão da Literatura**, serão apresentados trabalhos sobre os temas em estudo nesta dissertação, destacando os seguintes tópicos: sinergias de tecnologia e sistemas de informação; métodos multicritério para problemas de portfólio de TI/SI sem a consideração da sinergia e consideração da sinergia na abordagem multicritério em problemas de portfólio.

No capítulo 4 será exposto os **Modelos Propostos** nesta pesquisa para atender o problema em análise e, para isso, apresentará dois modelos multicritério para a seleção de portfólio de projetos de TI/SI com a avaliação das sinergias entre os projetos, detalhando cada fase e etapa dos modelos. Além disso, apresentará aplicações dos modelos propostos para mostrar a viabilidade e facilitar o entendimento sobre os modelos.

No capítulo 5, **Conclusões e Trabalhos Futuros**, serão apresentadas as conclusões desta pesquisa, bem como as propostas para trabalhos futuros.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo será realizada uma discussão sobre a base conceitual das áreas em que esta dissertação se baseia, promovendo assim, uma melhor visão sobre os temas em estudo. Para tanto, serão abordados quatro tópicos principais:

- Tecnologia da Informação e Sistemas de Informação;
- Gestão de Portfólio de Projetos;
- Sinergia; e
- Apoio Multicritério a Decisão.

Inicialmente serão mostrados, sucintamente, alguns conceitos básicos sobre a tecnologia da informação (TI) e os sistemas de informações (SI), bem como suas importâncias no alinhamento estratégico das empresas. No segundo tópico, será feita uma discussão sobre o gerenciamento de portfólio de projetos. No terceiro tópico, será apresentado o tema sinergia, bem como os diferentes efeitos da sinergia no ambiente. Por fim, serão expostos elementos da abordagem de apoio multicritério a decisão (AMD) e, posteriormente, dois dos métodos multicritério.

### **2.1 Tecnologia da Informação e Sistemas de Informação**

No ambiente competitivo, as organizações são impulsionadas a constantes adaptações e mudanças decorrentes das necessidades do mercado. Neste cenário, as informações tornam-se valiosas e importantes para o sucesso dos negócios, uma vez que as empresas relacionam-se entre si e com o ambiente externo por meio da troca de informações. Para Stair & Reynolds (2010), a informação é um conjunto de fatos que, ao serem organizados para atender um determinado fim, passa a ter um valor agregado, além do valor desses fatos isoladamente.

De maneira geral, o valor da informação está relacionado ao processo de tomada de decisão para ajudar as organizações a desempenhar uma gestão eficiente e eficaz (de Almeida & Ramos, 2002). No entanto, devido o acelerado crescimento no número de informações disponíveis no mundo globalizado, o processamento dessas informações exige recursos tecnológicos e sistemas que tenham a capacidade de processar informações e torná-las úteis. Assim, a TI e os SI vêm desempenhando um papel importante nas organizações, contribuindo para alcançar as metas da empresa e criando vantagens competitivas sustentáveis perante a concorrência (Chen, 2012).

A função da TI e SI nas organizações pode variar de um simples suporte administrativo até um processo estratégico (McFarlan, 1984). Assim, é de fundamental importância entender os conceitos sobre a TI e os SI e seus benefícios para as empresas.

No que se refere à tecnologia da informação, Rezende & Abreu (2013) a conceituam como os recursos tecnológicos e computacionais para a geração de informação e conhecimento, sendo composta dos seguintes componentes: hardware (equipamentos), software (programas), sistemas de telecomunicações, gestão de dados e informações. Para Laudon & Laudon (2004), a tecnologia da informação também está relacionado ao aspecto tecnológico no sistema de informação. Nessa perspectiva, os SI são soluções administrativas baseadas na TI para enfrentar os desafios presentes no ambiente organizacional.

Segundo Stair & Reynolds (2010), um sistema de informação é um conjunto de elementos relacionados que coletam (entrada), manipulam (processamento) e disseminam (saída) os dados e a informação e fornecem um mecanismo de *feedback* para atender a um objetivo. A visão desses autores reforça as três atividades de um SI, são elas: entrada, processamento e saída. A entrada consiste na coleta e reunião de dados brutos, já o processamento converte os dados brutos em informações úteis e, por último, a saída envolve as informações produzidas para as pessoas utilizarem quando necessário. Além dessas atividades, um SI também requer um *feedback*, ou seja, um retorno sobre as ações tomadas na organização, para conferir e corrigir quando preciso as atividades de entrada e processamento (Laudon & Laudon, 2004; Stair & Reynolds, 2010). Na Figura 2.1 são apresentadas essas três atividades e seu inter-relacionamento com o ambiente.

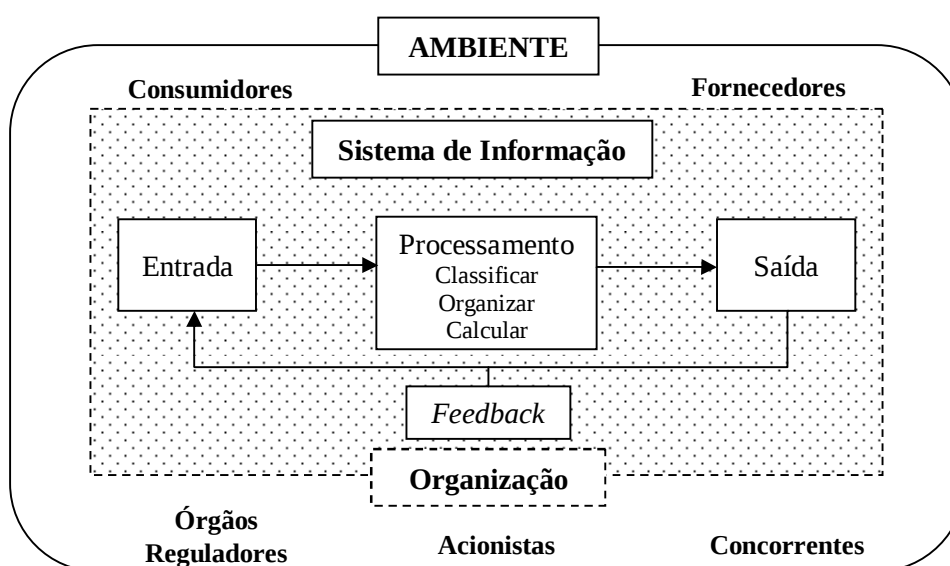


Figura 2.1 **ñ** Sistemas de informação no ambiente organizacional

Fonte: Adaptação de Laudon & Laudon (2004)

No geral, a tecnologia e sistemas da informação, segundo Rezende & Abreu (2013), vêm representando uma ferramenta para facilitar a gestão dos negócios. De Almeida & Ramos (2002) afirmam que, dentro das organizações, a TI/SI tem um papel cada vez mais crucial, visto que a eficácia desse sistema pode ter um grande impacto na estratégia e sucesso da empresa. O uso de TI e SI significa melhores serviços e/ou produtos, maior eficiência, maior produtividade e um suporte para a tomada de decisão.

Segundo Mithas & Rust (2016), a TI e os SI podem ser usados para impactar no desempenho da empresa através de três caminhos estratégicos: (1) reduzindo os custos, aumentando a produtividade e eficiência; (2) aumentando as receitas, com a exploração das oportunidades; ou (3) reduzindo os custos e aumentando as receitas ao mesmo tempo.

Desta forma, a TI/SI vem ganhando importância para as organizações como arma estratégica competitiva, pois não só sustenta as operações de negócio existentes, mas também viabiliza novas estratégias empresariais (Laurindo *et al.*, 2001). Assim, segundo Brodbeck *et al.* (2005), a TI e os SI devem ser vistos como recursos corporativos que podem tanto apoiar as estratégias em nível operacional, quanto direcionar as estratégias em níveis mais alto na organização. Sendo assim, é necessário gerenciar a TI/SI de forma a esta estar alinhada às estratégias da empresa de forma prioritária (Chan & Reich, 2007).

Para Sauer & Yetton (1997) *apud* Chan & Reich (2007), o alinhamento estratégico de TI/SI diz respeito ao princípio básico de que a tecnologia e sistemas de informação devem ser administrados de modo a refletir a forma de gerenciamento dos negócios, uma vez que esse alinhamento estratégico pode ser um fator que contribui para o sucesso da organização (Baets, 1992).

O caminho para o sucesso na aplicação estratégica de TI/SI está relacionado ao alinhamento da TI/SI com a estratégia e as características da empresa e de sua estrutura organizacional (Laurindo *et al.*, 2001). Assim, para a organização obter vantagem competitiva com o uso da TI/SI é necessário a estratégia de TI/SI estar alinhada com a estratégia da empresa, pois o problema no alinhamento de objetivos entre a TI/SI e o negócio pode impactar em retornos insatisfatórios sobre os investimentos em TI/SI, sendo isso um fator crítico para as organizações (Laurindo *et al.*, 2001; Brodbeck *et al.*, 2005).

Visto que o uso eficaz da TI/SI pode ter um grande impacto na estratégia e sucesso da empresa, as decisões sobre os investimentos em projetos de TI/SI são muitas vezes determinantes para o desempenho empresarial e são capazes não somente de mudar o posicionamento estratégico das organizações, mas também podem modificar a estrutura de competição, proporcionando vantagens (McFarlan, 1984). Desta forma, ferramentas que

possibilitem aos tomadores de decisão analisar os projetos de forma a otimizar o crescimento e o lucro da empresa, são as técnicas de gestão e seleção de portfólio de projetos, que contribuem com as necessidades de alinhamento da estrutura de seleção de projetos com os objetivos corporativos (Abbassi *et al.*, 2014).

No próximo tópico será abordada uma discussão sobre o gerenciamento de portfólio de projetos.

## 2.2 Gestão de Portfólio de Projetos

Segundo Abbassi *et al.* (2014), devido o aumento da competitividade no meio empresarial e as limitações de recursos e orçamentos, cada vez mais as empresas se vêem forçadas a eleger um subconjunto de projetos, de acordo com técnicas de seleção e dentre todos os projetos candidatos de um determinado conjunto, de forma a minimizar os riscos e maximizar os retornos gerado por esses projetos. A esse subconjunto de projetos dá-se o nome de portfólio.

Segundo o *Project Management Institute* (PMI, 2013), um portfólio pode ser considerado um grupo de projetos, programas e outras iniciativas, agrupadas para facilitar a gestão mais eficaz para o atendimento dos objetivos estratégicos da organização.

Neste ponto, torna-se relevante definir os termos projeto e programa, para ser possível compreender suas implicações na formação de um portfólio. Para o PMI (2013), projeto corresponde a esforços temporários que objetivam criar produtos, serviços ou resultados únicos. Por sua vez, um programa é um grupo de projetos gerido de forma conjunta e coordenada para obter benefícios e controles que não seriam alcançados caso fossem gerido separadamente (PMI, 2006). Na Figura 2.2 é representada a estrutura organizacional de portfólios, programas e projetos e suas relações.

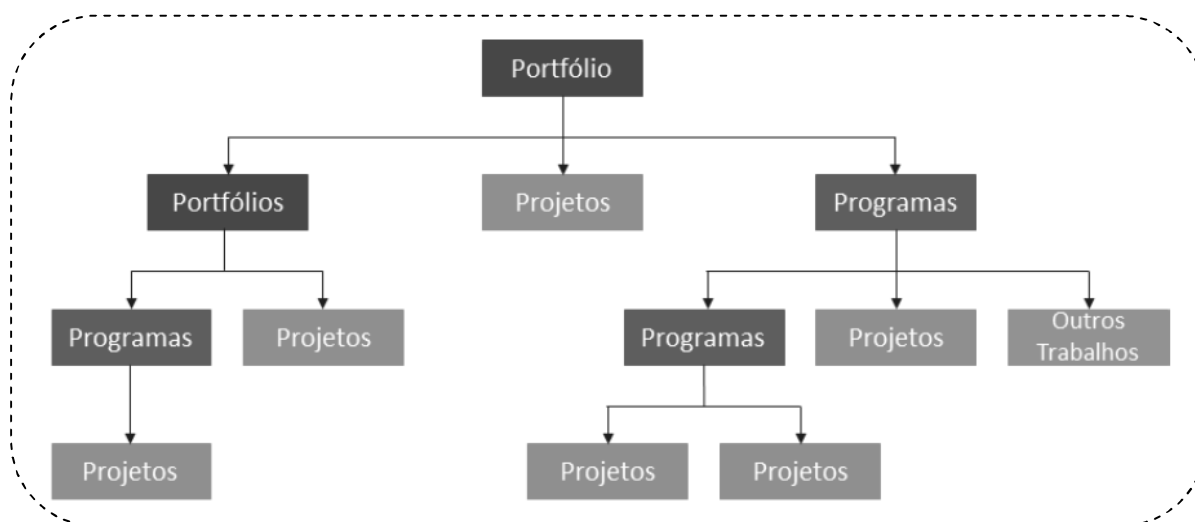


Figura 2.2 – Relações entre projetos, programa e portfólios

Fonte: Adaptação de PMI (2006)

Para Abbassi *et al.* (2014), as necessidades de alinhamento entre a estrutura de seleção de projetos com os objetivos corporativos, considerando os retornos e riscos dos projetos e integrando as necessidades e desejos das diferentes partes interessadas, tornam as empresas cada vez mais propícias a gestão de portfólio de projetos.

A gestão de portfólio de projetos compreende o gerenciamento coordenado dos projetos no portfólio para alcançar específicos objetivos organizacionais (PMI, 2013). Para Archer & Ghasemzadeh (1999), portfólio de projetos pode ser definido como um grupo de projetos que são executados sob o patrocínio e/ou gerenciamento de uma organização. Segundo Cooper *et al.* (2001), gestão de portfólio é um processo dinâmico de decisão no qual novos projetos são avaliados, selecionados e priorizados, assim como, os projetos existentes podem ser acelerados, extintos ou ter sua prioridade revisada, possibilitando a realocação de recursos.

Nesse contexto, a definição do portfólio de projetos compreende uma atividade periódica de avaliação e seleção de projetos, considerando os objetivos da empresa sem violar os recursos e as limitações organizacionais (Archer & Ghasemzadeh, 1999). Assim, a definição do portfólio de projetos pode ser compreendida como um problema de seleção de portfólio de projetos (Duarte, 2011).

Para o PMI (2006), o foco principal do gerenciamento de portfólio é garantir que os projetos sejam analisados, priorizando a alocação dos recursos da organização, garantindo sua consistência e possibilitando que os projetos estejam alinhados aos objetivos estratégicos da empresa. Com base nisso, Kerzner (2006) afirma que a gestão de portfólio consiste em um

processo de tomada de decisões para alcançar os melhores resultados para a organização como um todo.

Segundo López & de Almeida (2014), é importante compreender que a gestão de projetos difere de gestão de portfólio de projetos. A primeira tem por objetivo gerir um conjunto de projetos dentre todos os projetos disponíveis considerando apenas suas características e desempenho individuais. Já a segunda, não considera apenas as características e o desempenho de um projeto individual, mas também a forma como esses projetos interagem entre si, quando são selecionados para formar um portfólio, verificando como as sinergias afetam o desempenho global desse portfólio (Dias, 2012). Assim, enquanto o gerenciamento de projetos, tradicionalmente se preocupou em fazer o trabalho corretamente, o gerenciamento de portfólio tem como objetivo fazer o trabalho certo, ou seja, alinhado à estratégia do negócio (PMI, 2006).

Quando existe alinhamento estratégico na gestão de portfólio de projetos são vários os benefícios, Cooper *et al.* (2001) destacam: cumprimento das metas financeiras, maximização do retorno financeiro, adequação apropriada e eficiente de recursos. Para Levine (2005), outro benefício advindo da implantação da gestão de portfólio é a redução da distância entre os projetos e as funções operacionais na organização.

Dentre os desafios do gerenciamento de portfólio de projetos, Levine (2005) menciona: número crescente de projetos potencial para investir, dificuldade no alinhamento dos projetos e portfólio com os objetivos organizacionais, dificuldade em atingir consenso entre as prioridades de projetos, metodologias inadequadas, restrições de projeto mais complexas e desafiadoras.

Na literatura, os estudos de Markowitz (1952) trouxeram as primeiras contribuições sobre a Teoria Moderna do Portfólio voltada à área de economia para solucionar problemas de portfólio. A abordagem econômica de otimização de portfólio propõe uma metodologia para a construção de portfólios de investimentos eficientes com base no retorno esperado do portfólio e seu risco associado, medido em termos da variância do portfólio. A seleção de portfólio de Markowitz (1952) procura trabalhar com estes dois parâmetros a fim de encontrar um portfólio de investimentos que satisfaça o decisor, por exemplo, maximizar o retorno esperado, fixando a variância ou minimizando a variância para um valor esperado fixo. Esta metodologia ficou conhecida como modelo da média-variância.

De acordo com o modelo da média-variância, dado certo nível de risco existe um conjunto de investimentos que apresenta retorno ótimo (Markowitz, 1952). Contudo, segundo Cho & Shaw (2009), o princípio de equilibrar retorno e risco pode ser aplicado à gestão de

portfólio tanto financeiro como de tecnologia e sistemas de informação. Neste sentido, McFarlan (1981) forneceu a base para o campo de gerenciamento de portfólio de projetos de TI/SI.

Bathallath *et al.* (2016) afirmam que os projetos de TI/SI estão dominando o contexto organizacional, sendo assim, os projetos estão sendo organizados em grupo(s) ou portfólio(s) para garantir o alcance dos objetivos pelo qual eles foram agrupados. Neste contexto, de acordo com Ajjan *et al.* (2013), o interesse das organizações na gestão de portfólio de projetos de TI/SI tem aumentado, visto que possuem praticamente as mesmas metas e objetivos da organização, ou seja, maximizar o valor e administrar riscos e custos (Junqueira, 2011).

O gerenciamento de portfólio de projetos de TI/SI considera todo o portfólio de projetos de TI/SI de uma empresa, a fim de tomar decisões em termos de quais projetos devem ter prioridade e quais os projetos devem ser adicionados ou removidos (de Reyck *et al.*, 2005). Em um conceito mais amplo, Junqueira (2011) define a gestão de portfólio de TI/SI como uma combinação de pessoas, processos, tecnologia e informação que provê a administração e operação no dia-a-dia, assegurando que os investimentos em TI/SI respeitem o planejamento da empresa.

A gestão eficaz dos portfólios de projetos de TI/SI oferece aos executivos uma forma de coordenar os projetos para determinar a combinação ideal de investimento, como também para atender aos objetivos estratégicos da organização (Gleisberg *et al.*, 2008). Assim, proporciona o alinhamento estratégico que tem o objetivo de estabelecer um plano equilibrado entre a gestão de TI/SI e a estratégia organizacional.

Para o alcance do alinhamento estratégico, Lopes & de Almeida (2015b) afirmam que as sinergias são aspectos relevantes que devem ser avaliados no processo de gestão de portfólio em diferentes contextos, pois beneficiam os resultados atingidos pelo portfólio, colaborando positivamente como uma dimensão de sucesso do portfólio e do negócio. No contexto da TI/SI, quando uma organização considera entre os projetos de TI/SI no portfólio as sinergias, ela está ampliando suas condições de retornos, pois as sinergias entre os projetos de TI e SI apresentam um grande potencial sinérgico (Monteiro, 2016; Cho *et al.*, 2013).

O tópico a seguir retratará o tema sinergia, apresentando os conceitos e os efeitos que a sinergia pode apresentar em um ambiente.

## 2.3 Sinergia

De forma geral, o termo sinergia é derivado da palavra grega *synergos*, que significa ótrabalhar em conjunto (Goold & Campbell, 1998). Segundo Corning (1998), a sinergia pode ser amplamente definida como efeitos combinados ou cooperativos, isto é, são os efeitos produzidos por partes, elementos ou indivíduos que operam em conjunto. O fenômeno da sinergia acontece sempre que existe a junção e cooperação entre diferentes elementos (Kowalska, 2012).

Na literatura a sinergia também vem sendo compreendida como sistêmica, portanto, representa uma dinâmica de processos, que implica na ação conjunta dos processos em que o efeito total pode gerar maior valor trabalhando como um sistema, em vez de atuar de forma independente (Corning, 1998; Benecke *et al.*, 2007).

No contexto dos negócios, a sinergia refere-se à capacidade de duas ou mais unidades gerar maior retorno trabalhando em conjunto do que trabalhando isoladamente (Goold & Campbell, 1998). Cho & Shaw (2009) consideram que a sinergia corresponde ao retorno adicional que as empresas podem atingir a partir do trabalho conjunto de várias unidades de investimentos que não podem ser alcançados pela unidade individual. Assim, com a sinergia nas unidades de negócios, entende-se que os efeitos produzidos pelo todo são diferentes do que as partes podem produzir sozinhas (Corning, 1998).

Defendendo a sinergia como um fator que pode proporcionar vários benefícios para a maior parte das empresas, Goold & Campbell (1998) afirmam que a sinergia pode frequentemente seguir seis formas principais nas organizações:

- **Conhecimentos compartilhados:** refere-se a partilha de habilidades ou conhecimentos comuns nas unidades de negócios;
- **Recursos tangíveis compartilhados:** relaciona-se a partilha de bens físicos ou recursos nas unidades de negócios para obter economias de escala e evitar a duplicação de esforços;
- **Poder de negociação agrupada:** consiste na negociação em conjunto para obter benefícios perante os fornecedores;
- **Estratégias coordenadas:** refere-se ao alinhamento estratégico de duas ou mais unidades de negócios;
- **Integração vertical:** retrata a coordenação dos fluxos de produtos ou serviços de uma unidade de negócio para outra;

- **Criação de empresas combinada:** corresponde a combinação de negócio decorrentes da adição de uma nova unidade a carteira de negócios da empresa.

Benecke *et al.* (2007) destacam que a sinergia tem cinco características marcantes: (1) a sinergia é sistêmica; (2) com a sinergia acredita-se que a soma do todo é mais do que o somatório das partes separadas; (3) no contexto dos negócios, os recursos trabalhando juntos vão gerar maiores retornos do que trabalhando com suas partes; (4) a sinergia é o resultado de um processo pelo qual tem uma melhor utilização dos recursos e (5) a sinergia fornece uma alternativa mais barata de explorar o uso dos ativos intangíveis na organização.

O fenômeno da sinergia está presente em diferentes processos nas organizações e seus efeitos são mensuráveis ou quantificáveis, por exemplo, economias de escala, maior eficiência no processo, custos reduzidos, rendimentos maiores, menores taxas, entre outros (Corning, 1998; Duarte, 2011). No entanto, para obter tais benefícios, os gestores devem identificar as verdadeiras oportunidades em uma gestão eficaz da sinergia, pois, caso contrário, a sinergia poderá reduzir os valores, em vez de criar valores adicionais (Goold & Campbell, 1998). Isso remete ao fato de que a sinergia pode apresentar contribuição ou desvantagem, tornando importante o entendimento dos diferentes efeitos que a sinergia pode apresentar no ambiente.

### 2.3.1 Efeitos da Sinergia

Mesmo a sinergia sendo frequentemente compreendida em função dos benefícios que pode trazer, uma vez que é associado à premissa que o todo é maior do que a soma de suas partes, isso não significa que a sinergia fornece apenas efeitos positivos (Kowalska, 2012). Dependendo do contexto, a sinergia pode gerar efeitos considerados funcionais (sinergia positiva), disfuncionais (sinergia negativa), ou mesmo neutros (Corning, 1998). Segundo Goold & Campbell (1998), a sinergia pode apresentar desvantagens às empresas quando não é bem avaliada e gerida, isso remete à existência de características negativas sobre os efeitos da sinergia nas organizações.

Segundo Kowalska (2012), os efeitos da sinergia apresentam aspectos diferentes, assim, como resultado da cooperação entre dois ou mais elementos, a sinergia poderá ser interpretada conforme os três aspectos a seguir:

- **Sinergia positiva:** reflete a situação em que o efeito combinado de dois ou mais fatores é superior à soma do efeito separado de cada um dos fatores, desta forma,

aumentando um dos fatores pode impactar no aumento do outro. Assumindo, assim, o conceito geral sobre sinergia (Titah & Barki, 2009).

- **Sinergia negativa:** definida como uma situação em que o efeito de interação de dois ou mais fatores é inferior ao somatório do efeito individual dos fatores, assim, na sinergia negativa quando se aumenta um dos fatores, existe diminuição nos resultados desejados (Titah & Barki, 2009).
- **Assinergia (Neutra):** situação em que o efeito obtido com a cooperação de dois ou mais fatores é avaliado como idêntico ao efeito base desses fatores separados, ou seja, não existem alterações (Kowalska, 2012).

Em suma, para Kowalska (2012), considerando um sistema sinérgico, a sinergia positiva ocorre quando o efeito da sinergia é maior do que zero, a sinergia negativa ocorre quando o efeito da sinergia é menor do que zero e, finalmente, a assinergia ocorre quando o efeito da sinergia é igual a zero. No Quadro 2.1 são representados matematicamente esses efeitos sinérgicos entre o compartilhamento dos elementos A e B.

Quadro 2.1  $\hat{n}$  Diferentes efeitos da sinergia entre os elementos A + B

| Efeitos da Sinergia        |                                                 |
|----------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Sinergia Positiva</b>   | $\hat{Z} \quad (A + B) \hat{n} ((A) + (B)) > 0$ |
| <b>Sinergia Negativa</b>   | $\hat{Z} \quad (A + B) \hat{n} ((A) + (B)) < 0$ |
| <b>Assinergia (Neutra)</b> | $\hat{Z} \quad (A + B) \hat{n} ((A) + (B)) = 0$ |

Fonte: Adaptação de Kowaska (2012)

De acordo com Corning (2003), a sinergia negativa pode ser causada por interações de vários tipos, estando assim, como a sinergia positiva, presente no dia-a-dia em diversos contextos, por exemplo, a interação entre medicamentos pode gerar sinergia negativa com danos nocivos ao paciente. Na literatura sobre sinergia, o termo sinergia negativa não é muito abordado, visto que os efeitos da sinergia assumem normalmente características positivas, proporcionando benefícios desejados, como a ampliação dos retornos sobre os investimentos. No entanto, como afirmam Goold & Campbell (1998), os gestores não podem se concentrar nos benefícios potenciais da sinergia e ignorar as desvantagens que pode existir no compartilhamento entre elementos, sistemas, projetos e outros.

No contexto dos negócios, por exemplo, Titah & Barki (2009) estudam a relação de sinergia negativa entre a atitude e as normas subjetivas no campo da tecnologia da

informação, destacando que entre esses dois fatores a sinergia apresenta efeitos sinérgicos negativos nas organizações. Assim, os resultados gerados pela sinergia nem sempre serão positivos, podendo em algumas situações proporcionar resultados com efeitos negativos.

As sinergias, na tomada de decisão sobre portfólio, vêm sendo avaliadas com o objetivo de analisar as relações entre os projetos que podem ser cruciais para o processo de decisão (Lopes & de Almeida, 2015a). Assim, modelos de decisão que consideram as sinergias podem ajudar as organizações na tomada de decisão, de forma a atingir seus objetivos estratégicos através de portfólios eficazes.

No tópico seguinte será apresentada a metodologia de apoio multicritério de decisão.

## 2.4 Apoio Multicritério a Decisão

Decisão é uma palavra proveniente do latim e significa na integra óparar de cortarô ou ódeixar fluirô. Segundo Gomes *et al.* (2006, p. 2), decidir corresponde ao óprocesso de colher informações, atribuir importância a elas, posteriormente buscar possíveis alternativas de solução e, depois, fazer a escolha entre as alternativasô.

Nas organizações a tomada de decisão está cada vez mais complexa devido a vários fatores, sendo assim, razão de apreensão dos gestores. Desta forma, a decisão é considerada como a atividade mais importante para o executivo, além disso, as decisões são tomadas sempre que se tem um problema que possui mais que uma alternativa para sua solução, isso porque mesmo que a solução esteja relacionada a uma única ação a ser tomada, existirão as alternativas de tomar ou não essa ação (Gomes *et al.*, 2006; de Almeida, 2013).

No processo de decisão, a escolha de uma ação é vista como desejável em relação às outras disponíveis, porém essa escolha, por mais simples que pareça, está relacionada a um conjunto de critérios relevantes, ou seja, meio ou padrão de julgamento entre as alternativas de escolha (Belton & Stewart, 2002). Em decorrência disso, as metodologias de apoio multicritério a decisão ñ em inglês, *Multicriteria Decision Aid* (MCDA) ñ surgiram na segunda metade do século XX como um conjunto de técnicas e métodos aplicados na análise de problemas de decisão, em que há pelo menos duas alternativas de ação para se escolher, com intuito de atender a vários critérios, muitas vezes conflitantes em si (Vincke, 1992; de Almeida, 2013).

De acordo com Belton & Stewart (2002), nos problemas multicritério há muitas informações complexas e conflitantes, com isso um dos principais objetivos do AMD é ajudar os decisores a organizar e a sintetizar essas informações de maneira a levá-los a tomar as

decisões mais confiantes, minimizando potencial arrependimento pelo fato de terem levado em consideração todos os critérios.

Nesse contexto, é importante entender que os métodos de AMD não visam encontrar uma solução ótima para o problema, como é observado nas técnicas da pesquisa operacional. Nessa abordagem a palavra otimização não faz sentido, uma vez que é impossível gerar soluções que sejam melhores para todos os pontos de vistas ao mesmo tempo. Desta forma, o AMD visa apoiar o processo decisório com recomendação de alternativas que estejam em sintonia com as preferências do decisor (Vincke, 1992; Roy, 1996; Gomes *et al.*, 2006).

Nos subtópicos seguintes serão apresentados alguns conceitos importantes para o entendimento acerca do AMD, como: os atores envolvidos no processo decisório, as problemáticas de referências e os métodos multicritério, abordando dois dos métodos que serão usados como base nesta dissertação.

#### 2.4.1 Atores no Processo Decisório

Os atores estão envolvidos direta ou indiretamente no processo decisório, compreendendo um indivíduo ou grupos de indivíduos que interferem nesse processo através de seus sistemas de valores (Roy, 1996). Os atores são classificados a seguir (Roy, 1996; Gomes *et al.*, 2006; de Almeida, 2013):

- **Decisor:** é quem avalia as possibilidades e os objetivos, estabelecendo suas preferências e interesses sobre as consequências no problema de decisão. O decisor pode ser uma pessoa ou um grupo de pessoas que são responsáveis pela tomada de decisão.
- **Analista:** fornece o suporte metodológico ao problema decisório. Cabe ao analista de decisão fazer a análise, auxiliar o decisor na estruturação do problema e identificação dos fatores do meio ambiente que influenciam na evolução e solução do problema. Tem papel primordial na interação com decisor ou alguém designado por este.
- **Cliente:** em algumas situações o contato com o decisor e o analista é difícil devido a disponibilidade de tempo ou outros afazeres da organização, fazendo com que o decisor não possa participar ativamente do processo de construção do modelo de decisão. Desta forma, o decisor designa um cliente, geralmente algum assessor próximo, que assume o papel de intermediador entre eles.

- **Especialista:** é um profissional que conhece os mecanismos e comportamentos do problema em análise, repassando ao analista as informações que o mesmo necessita para elaboração do modelo de decisão.

De acordo com Roy (1996), existem ainda outros grupos que influenciam no processo de decisão, como é o caso dos *stakeholders* que tentam influenciar o decisor através de algum tipo de pressão, visto que podem ser afetados pela tomada de decisão. E também é relevante destacar os atores chamados de terceira parte, que não participam ativamente no processo decisório, mas são afetados pela decisão a ser tomada.

A Figura 2.3 representa como ocorre a influência dos diferentes atores envolvidos no processo decisório no ambiente organizacional.

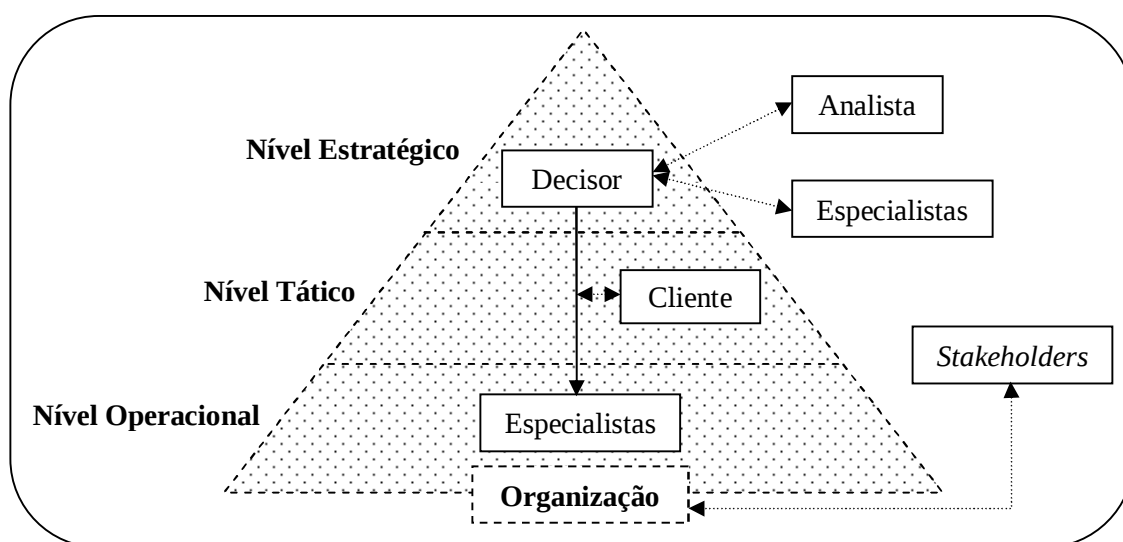


Figura 2.3 Interações entre os atores no processo decisório nas organizações

Fonte: Adaptado de Almeida (2013)

#### 2.4.2 Problemáticas de Referência

Segundo Gomes *et al.* (2006), as problemáticas de decisão representam o resultado requisitado pelo decisor em determinado problema, ou seja, pela forma como esse decisor classifica e compara as alternativas. Segundo Roy (1996), existe quatro tipos diferentes de problemáticas que os métodos de AMD podem apresentar, são elas:

- **Problemática de escolha (P.Ū):** tem por finalidade auxiliar na escolha ou seleção de um subconjunto, tão pequenos quanto possível, com as ómelhoresô alternativas, tendo em vista a escolha de apenas uma alternativa.

- **Problemática de classificação (P.●):** tem por objetivo classificar cada alternativa de acordo com categorias ou classes que foram definidas a priori com base no problema de decisão.
- **Problemática de ordenação (P..):** tem por finalidade determinar uma ordenação completa ou parcial das alternativas, conforme as preferências do decisor, colocando as alternativas da melhor para a pior.
- **Problemática de descrição (P.û):** tem como objetivo esclarecer o decisor sobre uma descrição das alternativas e de suas consequências, não tendo recomendações por finalidade.

Belton & Stewart (2002) apresentam ainda mais duas problemáticas de decisão multicritério, são elas:

- **Problemática de design:** tem como finalidade identificar ou criar mais alternativas a serem avaliadas para atingir os objetivos do problema multicritério.
- **Problemática de portfólio:** tem como objetivo escolher um subconjunto de alternativas de um conjunto maior, baseado não apenas nas suas características individuais, mas também no modo como elas interagem.

### 2.4.3 Métodos de Apoio Multicritério a Decisão

As abordagens multicritério têm início quando alguém percebe que o problema é importante o suficiente para explorar o potencial da modelagem formal (Belton & Stewart, 2002). Modelos de apoio a decisão correspondem, portanto, a uma representação formal, mas simplificada do problema em análise, fazendo uso de um método de AMD (de Almeida, 2013).

Os métodos de AMD têm sido desenvolvidos para apoiar o decisor na avaliação e na escolha das alternativas, para isso, consiste em uma formação metodológica ou em uma teoria que pode ser aplicada na construção de um modelo multicritério que visa à solução de um problema de decisão (Gomes *et al.*, 2006; de Almeida, 2013).

Para a construção de um modelo de decisão, a escolha do método multicritério a ser empregado depende do tipo de problema em análise, do contexto estudado, dos atores envolvidos, da estrutura de preferência do(s) decisor(es) e do tipo de problemática (Gomes *et al.*, 2006; de Almeida, 2013).

Os métodos de AMD podem ser classificados, de maneira mais usual, em três grandes famílias (Vincke, 1992; Roy, 1996; de Almeida, 2013):

- **Critério Único de Síntese:** são métodos que agregam os critérios de forma única em uma função global e usam o conceito de avaliação compensatória através do procedimento de *trade-off*. Neste conjunto de métodos encontram-se entre os mais típicos o método de agregação aditivo, a Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT), o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e o método SMART (*Simple Multi-attribute Rating Technique*) e suas derivações;
- **Sobreclassificação:** são métodos que realizam comparação par a par entre as alternativas, construindo e explorando uma relação de sobreclassificação, sem buscar uma função global de agregação, assumindo assim, uma abordagem não compensatória entre os critérios. Nessa classificação se destaca a família de métodos ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la Réalité*) e PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*);
- **Interativos:** são métodos que estão associados a métodos discretos ou contínuos que permitem informações extras a respeito das preferências do decisor. Em sua maioria, os métodos de Programação Linear Multiobjetivo utilizam procedimentos interativos.

Outra classificação que merece destaque é a compensação que pode existir entre os critérios, dividindo os métodos em compensatórios e não compensatórios. Na abordagem compensatória um menor desempenho de uma alternativa em um dado critério é compensado por meio de um melhor desempenho em outro critério. Isso significa que a avaliação de uma alternativa considera os *trade-offs* entre os critérios. No caso dos métodos não compensatórios não existe o *trade-off* entre os critérios e, desta forma, considera-se o desempenho médio em todos os critérios (de Almeida, 2013).

A seguir serão apresentados dois dos métodos de AMD que são de extrema importância para o desenvolvimento deste trabalho, uma vez que são utilizados para compor os modelos propostos, isso por atender aos problemas de seleção de portfólio de projetos de TI/SI dentro de abordagens diferenciadas. São eles: PROMETHEE e modelo de agregação aditivo determinístico.

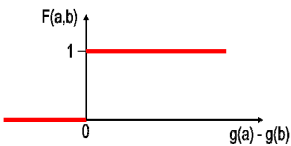
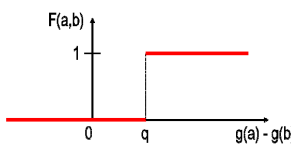
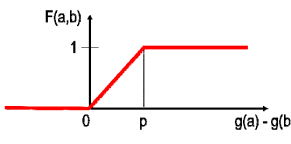
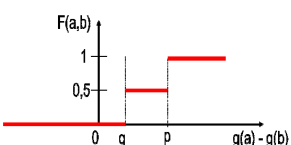
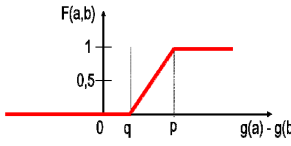
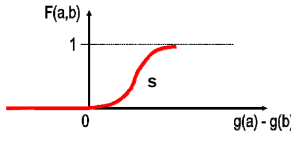
### 2.4.3.1 Família de Métodos PROMETHEE

A família PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) consiste em métodos de sobreclassificação com comportamento não-compensatório. Segundo Vincke (1992), os métodos PROMETHEE realizam comparações par a par das alternativas, estabelecendo uma relação de sobreclassificação valorada para a resolução de problemas que envolvem uma tomada de decisão. A implementação desses métodos baseia-se em duas fases: (1) construção de uma relação de sobreclassificação, agregando informações entre os critérios e as alternativas e (2) exploração da relação de sobreclassificação para a decisão (Brans *et al.*, 1986).

Na fase de construção de uma relação de sobreclassificação, tendo como ponto de partida a avaliação da matriz de decisão das alternativas com relação ao conjunto de critérios, o decisor deve estabelecer um peso ( $p_i$ ) que reflita ao grau de importância de cada critério, tal como expressar a intensidade de preferência usando uma das seis formas básicas de função de preferência, que representam critérios generalizados para essa família de métodos (Brans *et al.*, 1986; Brans & Mareschal, 2005). Essa função de preferência é representada por  $F_i(a,b)$  e descrita como a função da diferença  $[g_i(a) - g_i(b)]$  entre o desempenho de cada critério  $i$  para as alternativas  $a$  e  $b$ , podendo assumir valores entre 0 e 1, sendo zero para indiferença entre duas alternativas, ou não preferência, e um para preferência estrita (Belton & Stewart, 2002).

Segundo Brans & Mareschal (2005), para algumas dessas formas de função de preferência é necessário atribuir os valores  $q$  e/ou  $p$  que são, respectivamente, os limiares de indiferença e preferência para cada critério. O limiar de indiferença representa o maior valor para  $[g_i(a) - g_i(b)]$  abaixo do qual existe a indiferença e o limiar de preferência corresponde ao menor valor para  $[g_i(a) - g_i(b)]$  acima do qual existe a preferência (de Almeida, 2013). Além disso, não é necessário o decisor usar o mesmo tipo de função em todos os critérios, podendo atribuir a função mais apropriada a cada critério. No Quadro 2.2 as seis formas padrão para a função  $F_i(a,b)$  são abordadas.

Quadro 2.2  $\tilde{n}$  Tipos de função de preferência dos métodos PROMETHEE

| Critérios                  | Forma da Função                                                                     | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Parâmetros              |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| I - Critério Usual         |    | $F(a,b) = 1$ se $g_i(a) \tilde{n} g_i(b) > 0$<br>$F(a,b) = 0$ se $g_i(a) \tilde{n} g_i(b) \hat{O} 0$<br>Qualquer diferença entre as avaliações das alternativas em um determinado critério implica em uma preferência estrita.                                                                                                                                                                                                           | Nenhum                  |
| II - Quase Critério        |    | $F(a,b) = 1$ se $g_i(a) \tilde{n} g_i(b) > q$<br>$F(a,b) = 0$ se $g_i(a) \tilde{n} g_i(b) \hat{O} q$<br>As alternativas são indiferentes enquanto a diferença $[g_i(a) \tilde{n} g_i(b)]$ não ultrapassar $q$ ; acima desse limiar, a preferência é estrita.                                                                                                                                                                             | $q$                     |
| III- Limiar de Preferência |    | $F(a,b) = 1$ se $g_i(a) \tilde{n} g_i(b) > p$<br>$F(a,b) = \frac{g_i(a) \tilde{n} g_i(b)}{p}$ se $g_i(a) \tilde{n} g_i(b) \hat{O} p$<br>$F(a,b) = 0$ se $g_i(a) \tilde{n} g_i(b) \hat{O} 0$<br>A preferência do decisor aumenta de forma linear com a diferença $[g_i(a) \tilde{n} g_i(b)]$ até que $p$ seja atingido; após esse limiar, a preferência é estrita.                                                                        | $p$                     |
| IV - Pseudo Critério       |  | $F(a,b) = 1$ se $g_i(a) \tilde{n} g_i(b) > p$<br>$F(a,b) = 1/2$ se $q < g_i(a) \tilde{n} g_i(b) \hat{O} p$<br>$F(a,b) = 0$ se $g_i(a) \tilde{n} g_i(b) \hat{O} q$<br>As alternativas são indiferentes até que a diferença $[g_i(a) \tilde{n} g_i(b)]$ não ultrapasse $q$ ; entre $q$ e $p$ o grau de preferência é fraco; acima de $p$ a preferência é estrita.                                                                          | $q$ e $p$               |
| V - Área de Indiferença    |  | $F(a,b) = 1$ se $g_i(a) \tilde{n} g_i(b) > p$<br>$F(a,b) = \frac{g_i(a) \tilde{n} g_i(b) - q}{p - q}$ se $q < g_i(a) \tilde{n} g_i(b) \hat{O} p$<br>$F(a,b) = 0$ se $g_i(a) \tilde{n} g_i(b) \hat{O} q$<br>As alternativas são indiferentes até que a diferença $[g_i(a) \tilde{n} g_i(b)]$ não ultrapasse $q$ ; acima desse limiar, o grau de preferência aumenta de forma linear até atingir uma preferência estrita a partir de $p$ . | $q$ e $p$               |
| VI - Critério Gaussiano    |  | $F(a,b) = 1 \tilde{n} e^{-\left(\frac{[g_i(a) - q_i(b)]^2}{2s_i^2}\right)}$ se $g_i(a) \tilde{n} g_i(b) > 0$<br>$F(a,b) = 0$ se $g_i(a) \tilde{n} g_i(b) \hat{O} 0$<br>A preferência do decisor aumenta conforme uma distribuição normal.                                                                                                                                                                                                | Desvio-padrão ( $s_i$ ) |

Fonte: Adaptação de Brans & Vincke (1985); Brans et al. (1996); Brans & Mareschal (2005)

Uma vez que se tenha determinado as avaliações de cada alternativa em relação aos critérios, os pesos dos critérios e as funções de preferências, obtém-se o grau de sobreclassificação de  $a$  sobre  $b$ ,  $\clubsuit(a,b)$ , para cada par de alternativas  $(a,b)$ , conforme equação (2.1):

$$\clubsuit(a,b) = \sum_{i=1}^n p_i F_i(a,b) \quad (2.1)$$

$$\text{Onde: } \sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad (2.2)$$

Na segunda fase dos métodos PROMETHEE, de acordo com Brans & Mareschal (2005), são utilizados indicadores para a exploração da relação de sobreclassificação das alternativas. Para tanto, são definidos dois indicadores (Vincke, 1992; Brans *et al.*, 1986; Brans & Mareschal, 2005; de Almeida, 2013):

- **Fluxo de sobreclassificação positivo (fluxo de saída)  $[\tilde{u}^+(a)]$ :**

$$\tilde{u}^+(a) = \sum_{b \in A} \frac{\pi(a,b)}{n-1} \quad (2.3)$$

Onde:

$n$  é igual ao número de alternativas.

Esse fluxo expressa como uma alternativa sobreclassifica as outras alternativas, ou seja, representa a intensidade de preferência da alternativa  $a$  sobre todas as alternativas  $b$ , assim, quanto maior  $\tilde{u}^+(a)$ , melhor a alternativa, conforme é mostrado na Figura 2.4.

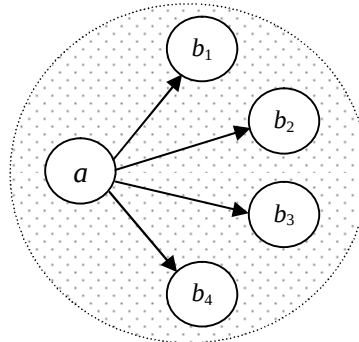


Figura 2.4  $\tilde{u}^+$  Fluxo de saída

Fonte: Adaptação de Brans & Mareschal (2005)

- **Fluxo de sobreclassificação negativo (fluxo de entrada) [ $\check{u}^{\tilde{n}}(a)$ ]:**

$$\check{u}^-(a) = \sum_{b \in A} \frac{\pi(b, a)}{n-1} \quad (2.4)$$

Onde:

$n$  é igual ao número de alternativas.

Expressa como uma alternativa é sobreclassificada pelas demais alternativas, ou seja, representa a intensidade de preferência de todas as alternativas  $b$  sobre a alternativa  $a$ , portanto, quanto menor  $\check{u}^{\tilde{n}}(a)$ , melhor a alternativa. Na Figura 2.5 é ilustrado o fluxo de entrada.

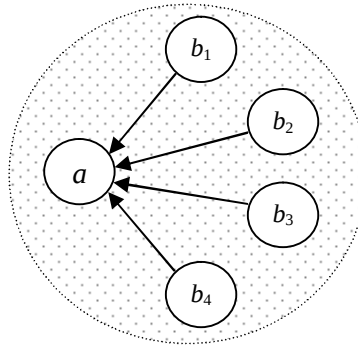


Figura 2.5  $\check{u}^{\tilde{n}}$  Fluxo de entrada

Fonte: Adaptação de Brans & Mareschal (2005)

Além dos fluxos de saída e de entrada, pode ser empregado o fluxo de sobreclassificação líquido,  $\check{u}(a)$ , que exprime a diferença entre os dois primeiros fluxos. Quanto maior  $\check{u}(a)$ , melhor a alternativa. É dado pela equação (2.5):

$$\check{u}(a) = \check{u}^+(a) - \check{u}^-(a) \quad (2.5)$$

O fluxo líquido pode apresentar resultados positivos ou negativos, assim, resulta em um número entre  $\frac{1}{n}$  e 1, quanto mais próximo a 1, melhor o desempenho da alternativa no *ranking* final. Quando positivo, a alternativa sobreclassifica mais as outras alternativas do que é sobreclassificada, ou seja, expressa a vantagem da alternativa sobre todas as demais. Caso contrário, o fluxo terá valor negativo (Duarte, 2011).

A família de métodos PROMETHEE é formada por diferentes variações de métodos descritas a seguir (Brans & Vincke, 1985; Brans *et al.*, 1986; Brans & Mareschal, 1992; Brans & Mareschal, 2005; de Almeida, 2013):

- **PROMETHEE I:** estabelece uma pré-ordem parcial entre as alternativas e é recomendável para problemas onde envolvem escolhas.
- **PROMETHEE II:** estabelece uma pré-ordem completa entre as alternativas e também é recomendável para problemas onde envolvem escolhas.
- **PROMETHEE III:** fornece um *ranking* das alternativas por meio de intervalos, definindo uma ordem completa e eliminando qualquer problema relacionado a ocorrência de indiferença entre duas alternativas.
- **PROMETHEE IV:** atende a problemas de decisão mais sofisticados, sendo uma extensão do método PROMETHEE II, utilizado em situações onde o conjunto de alternativas é contínuo.
- **PROMETHEE V:** recomendável para situações que envolvem restrições na seleção de portfólio, onde, primeiramente, aplica o PROMETHEE II antes da modelação da programação linear inteira do tipo 0-1.
- **PROMETHEE VI:** apropriado quando o decisor não está apto ou não quer definir precisamente os pesos dos critérios, podendo-se determinar intervalos de valores em vez de fixar um peso.
- **PROMETHEE GAIA (*Geometrical Analysis for Interactive Aid*):** fornece uma representação gráfica do problema de decisão sobre o caráter conflitante do critério e sobre o impacto dos pesos na decisão, tornando os métodos mais descritivo e gráfico.

Nesta dissertação são abordadas mais detalhadamente as versões I, II e V do PROMETHEE, visto que será utilizado o método PROMETHEE V em um dos modelos propostos e, assim, torna-se importante a compreensão do PROMETHEE I e II, a seguir.

#### A) PROMETHEE I

Esse método consiste na interseção de duas pré-ordens parciais obtidas através dos fluxos de sobreclassificação positivo e negativo, demonstrando que a comparação entre as alternativas assumem três relações, a de preferência (P), indiferença (I) e incomparabilidade (R), que são obtidas da seguinte maneira (Brans & Mareschal, 2005; de Almeida, 2013):

- **Preferência ( $aPb$ ):**  
 $\check{u}^+(a) > \check{u}^+(b)$  e  $\check{u}^{\tilde{n}}(a) \geq \check{u}^{\tilde{n}}(b)$ ;  
 $\check{u}^+(a) = \check{u}^+(b)$  e  $\check{u}^{\tilde{n}}(a) < \check{u}^{\tilde{n}}(b)$ .
- **Indiferença ( $aIb$ ):**  
 $\check{u}^+(a) = \check{u}^+(b)$  e  $\check{u}^{\tilde{n}}(a) = \check{u}^{\tilde{n}}(b)$ .

- **Incomparabilidade ( $aRb$ ):**

$$\check{u}^+(a) > \check{u}^+(b) \text{ e } \check{u}^{\tilde{n}}(b) < \check{u}^{\tilde{n}}(a);$$

$$\check{u}^+(b) > \check{u}^+(a) \text{ e } \check{u}^{\tilde{n}}(a) < \check{u}^{\tilde{n}}(b).$$

Quando  $a$  é preferível a  $b$ , ( $aPb$ ), temos ao mesmo tempo  $a$  mais forte e menos fraco que  $b$ , assim, a informação dos fluxos positivo e negativo é consistente e pode ser considerada como segura. Já quando  $a$  é indiferente a  $b$ , ( $aIb$ ), ambos os fluxos de sobreclassificação entre a força e fraqueza de  $a$  e de  $b$  são iguais. Por fim, quando  $a$  é incomparável a  $b$ , ( $aRb$ ), a maior força de uma alternativa está associada a uma menor fraqueza da outra, nesse caso, a informação fornecida pelos fluxos são contraditórias (Belton & Stewart, 2002).

### B) PROMETHEE II

Com base no resultado do indicador do fluxo de sobreclassificação líquido, o método PROMETHEE II consegue determinar o *ranking* das alternativas avaliadas, no qual a melhor alternativa é aquela com maior valor de fluxo líquido (Brans *et al.*, 1986; Brans & Mareschal, 2005). Logo, a partir do  $\check{u}(a)$ , as alternativas são ordenadas em ordem decrescente, criando uma pré-ordem completa para as situações que o decisor tenha preferência por uma ordenação completa das alternativas, de modo que apresentam entre os pares de alternativas ( $a, b$ ) as seguintes relações (de Almeida, 2013):

- **Preferência ( $aPb$ ):**

$$\check{u}(a) > \check{u}(b).$$

- **Indiferença ( $aIb$ ):**

$$\check{u}(a) = \check{u}(b).$$

De Almeida (2013) destaca que, na aplicação do PROMETHEE II, a ocorrência da relação de indiferença é muito pouco provável, o que leva a consideração que esse método estabelece uma ordem completa. O método PROMETHEE II acarreta uma perda de informações em relação ao PROMETHEE I. Entretanto, o PROMETHEE II tende a ser bastante utilizado por fornecer diretamente uma ordem completa ao decisor, o que possibilita a obtenção de resultados mais confortáveis para a problemática de ordenação.

### C) PROMETHEE V

Diferente do PROMETHEE I e II que são para ordenação das alternativas, o PROMETHEE V é aplicado especificamente à problemática de portfólio para seleção de um subconjunto das alternativas (Brans & Mareschal, 2005; López & de Almeida, 2014). Esse

método, em vez de exigir uma comparação par a par de todos os portfólios, baseia-se numa comparação entre as alternativas individuais que podem ser combinadas para formar um portfólio (de Almeida & Vetschera, 2012).

O PROMETHEE V é utilizado quando se deseja selecionar um subconjunto de alternativas possíveis, cumprindo com certas restrições impostas pelas características do problema (Brans & Mareschal, 1992). Para isso, o método PROMETHEE V consiste em duas etapas (Brans & Mareschal, 1992; Brans & Mareschal, 2005):

- **Etapla 1:** é considerado o problema multicritério sem restrições, obtendo a avaliação das alternativas em relação aos critérios com base no PROMETHEE II, para gerar um *ranking* da melhor para a pior alternativa.
- **Etapla 2:** é aplicada a programação linear inteira binária (0-1), onde são consideradas as restrições identificadas no problema. Com base nos resultados do fluxo líquido das alternativas, é obtida a função objetivo, conforme a Equação (2.6) e as restrições podem incluir restrições de cardinalidade, orçamento, retorno, investimento, entre outras, sendo representadas genericamente na Equação (2.7):

$$\max \sum_{i=1}^n \phi_i x_i \quad (2.6)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n R_i x_i \begin{cases} \geq \\ = \\ \leq \end{cases} T \quad (2.7)$$

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{se } x_i \text{ for selecionada} \\ 0 & \text{se } x_i \text{ não for selecionada} \end{cases}$$

Onde:

$\check{u}_i$  é o fluxo líquido de cada alternativa;

$x_i$  é uma variável binária (0,1) que indica se a alternativa relacionada está inclusa no portfólio;

$R_i$  é o valor da restrição requerida pela alternativa;

$T$  é o valor total disponível referente à restrição;

$n$  é o número total das alternativas,  $i=1, 2, \dots, n$ .

Entretanto, segundo Mavrotas *et al.* (2006), existe um aspecto importante relacionado ao sinal dos fluxos líquidos do PROMETHEE II que não foi esclarecido por Brans &

Mareschal (1992). De acordo com a formulação da programação inteira do tipo 0-1 todos os coeficientes na função objetivo devem ser positivos para que todas as alternativas sejam consideradas na formação do portfólio, porém o PROMETHEE II assume valores tanto positivos como negativos. Assim, a existência de fluxos líquidos negativos na função objetivo do PROMETHEE V ocasionaria a exclusão da alternativa, mesmo se houver uma folga nas restrições impostas (Mavrotas *et al.*, 2006). No entanto, conforme de Almeida & Vetschera (2012), esse fluxo líquido negativo não indica necessariamente que o item por si só tem um valor negativo, só que ele é sobreclassificado por outros itens.

Por essa razão, Mavrotas *et al.* (2006) sugeriram transformar todos os fluxos líquidos em valores não negativos, conforme fórmula a seguir:

$$\phi_i' = \phi_i + |\min \phi_i| \quad (2.8)$$

Onde:

$|\min \phi_i|$  é o menor fluxo líquido (mais negativo) considerando todas as alternativas.

Mesmo com a transformação apresentada na Equação (2.8), ainda foi observado um problema, a alternativa com o menor fluxo líquido teria o valor do fluxo igual a zero e nunca seria considerada no portfólio. Então, para que todas as alternativas fossem consideradas, foi realizada outra transformação conforme a Equação (2.9), considerando o acréscimo de uma constante  $\tilde{U}$  (de Almeida & Vetschera, 2012; Almeida *et al.*, 2014):

$$\phi_i' = \phi_i + |\min \phi_i| + \varepsilon \quad (2.9)$$

Onde:

$\tilde{U}$  é um valor pequeno adicionado a todos os coeficientes de fluxo líquido.

No entanto, mesmo com essa solução, Vetschera & de Almeida (2012) e de Almeida & Vetschera (2012) observaram que a transformação do fluxo líquido pode levar a resultados diferentes de portfólios, dependendo do valor da constante  $\tilde{U}$  adicionada. Para resolver esse problema, Vetschera & de Almeida (2012) propuseram o conceito de portfólio c-ótimo ao método PROMETHEE V, que seleciona o melhor portfólio com um número fixo ( $c$ ) para a quantidade de alternativas disponíveis, adicionando a seguinte restrição:

$$\sum_{i=1}^n = c \quad (2.10)$$

Desta forma, com o conceito de portfólio c-ótimo é possível obter o portfólio de alternativas que tenham o maior desempenho, de acordo com as restrições impostas, isso, independente da constante adicionada aos fluxos líquidos na função objetivo do método.

#### 2.4.3.2 Modelo de Agregação Aditivo Determinístico

O modelo aditivo determinístico corresponde a um método de critério único de síntese, possuindo uma lógica de agregação compensatória. Nesse método é possível agregar todos os critérios em uma única função valor aditiva por meio de constantes de escala que refletem quanto um critério compensa outro (Dias, 2012; de Almeida, 2013). Sendo a forma aditiva a mais simples e mais comumente utilizada entre os procedimentos de agregação (Vincke, 1992).

Segundo de Almeida (2013), a função valor está relacionada à consequências determinísticas, sendo assim, envolve um contexto de certeza na obtenção das consequências para cada alternativa. Portanto, para a avaliação de cada alternativa  $i$  em relação a cada critério  $y$ , ou seja, na avaliação intracritério, se considera uma função valor  $v_y(a)$  para cada critério  $y$ . Com os valores de  $v_y(a)$ , inicia-se a avaliação intercritério, ou seja, a avaliação que considera a combinação dos diferentes critérios, desta maneira, obtém-se a função valor global  $v(a)$ , expressa na equação (2.11):

$$v(a) = \sum_{y=1}^n k_y v_y(a) \quad (2.11)$$

Onde:  $k_y$  é a constante de escala para o critério  $y$  e é normalizada como segue:

$$\sum_{y=1}^n k_y = 1 \quad (2.12)$$

De Almeida (2013) explica que a função valor global de uma alternativa é encontrada através da ponderação das funções valor pelas constantes de escala de cada critério. Considerando que as funções valor global para todos os critérios são crescentes e positivas, então, para solucionar o problema, a melhor alternativa de escolha é a que apresenta a maior função valor global.

O modelo de agregação aditivo determinístico pode abordar o problema de decisão sob duas problemáticas: a problemática de ordenação, procurando estabelecer uma ordem de

prioridades e a problemática de escolha, buscando selecionar a melhor alternativa. Em relação à estrutura de preferência, o modelo permite as seguintes situações:

- **Preferência ( $aPb$ ):**

$$\tilde{u}(a) > \tilde{u}(b).$$

- **Indiferença ( $aIb$ ):**

$$\tilde{u}(a) = \tilde{u}(b).$$

Na prática, para que seja possível uma tomada de decisão, fazendo uso do modelo de agregação aditivo, de forma a evitar algumas inconsistências, é fundamental respeitar a condição de independência preferencial, isto significa que uma relação de *trade-off* entre dois critérios não pode depender de qualquer outro critério (Belton & Stewart, 2002). Supondo-se dois critérios  $Y$  e  $Z$ , a independência preferencial entre  $Y$  e  $Z$  ocorre se e somente se, a estrutura de preferência do decisor no espaço de consequência  $Y$ , dado  $Z\bar{a}$ , não depende de  $Z\bar{b}$  (Keeney & Raiffa, 1976; de Almeida, 2013).

Outra forma de visualizar a independência preferencial foi proposta por Vincke (1992), que utilizou como exemplo quatro alternativas:  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$ , e dois critérios complementares  $Y$  e  $Z$ , e definiu que esses são preferencialmente independentes se:

$$v_y(a) = v_y(b), \text{ para qualquer critério em } Y;$$

$$v_y(c) = v_y(d), \text{ para qualquer critério em } Y;$$

$$v_z(a) = v_z(c), \text{ para qualquer critério em } Z;$$

$$v_z(b) = v_z(d), \text{ para qualquer critério em } Z.$$

Tem-se que  $aPb \Rightarrow cPd$ , onde  $P$  é a relação de preferência estrita entre as alternativas. Na Figura 2.6 essa condição de independência entre as alternativas  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  é representada de forma gráfica.

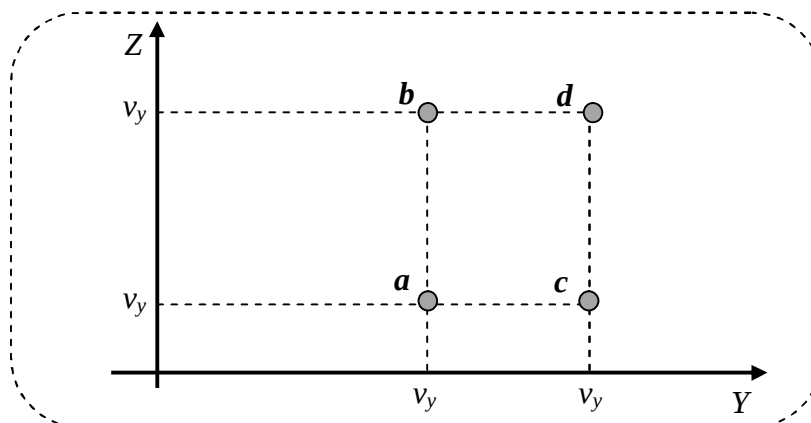


Figura 2.6 Avaliação de independência preferencial entre quatro alternativas

Fonte: Adaptação de Almeida (2013)

Verificada a independência preferencial e a validade do uso da função de agregação aditiva, finalmente é possível utilizar o método de agregação determinístico no contexto estudado.

Outra questão importante é atentar para o estabelecimento das constantes de escala, na qual não se pode considerar apenas o grau de importância relativa, conforme acontece com os pesos nos métodos de sobreclassificação, mas, também os *trade-offs* entre os critérios. A informação de *trade-off*, contida nas constantes de escala, representam o quanto um baixo desempenho em um critério pode ser compensado por um alto desempenho em outro critério. Desta forma, para evitar erros na determinação das constantes de escala, deve-se usar um procedimento de elicitación junto ao decisor (de Almeida, 2013), como: procedimento de elicitación baseado em *trade-offs* (Keeney & Raiffa, 1976); procedimento de elicitación por swing (Edwards & Barron, 1994); procedimento de elicitación flexível (de Almeida, 2013) e procedimento de elicitación *FITradeoff* (de Almeida *et al.*, 2016; Gusmão & Medeiros, 2016).

Para a situação problema nesta dissertação foi considerado o procedimento tradicional de elicitación baseado em *trade-offs*, proposto por Keeney & Raiffa (1976). Para de Almeida (2013), esse procedimento de elicitación é considerado o de maior rigor no que se refere à estrutura axiomática, apresentando ainda como vantagem, permitir que seja incorporada uma avaliação intracritério com funções valor não linear (maiores detalhes sobre o procedimento de elicitación baseado em *trade-offs*, conferir Keeney & Raiffa, 1976).

No capítulo a seguir será apresentada uma revisão da literatura sobre os temas em estudo sobre as sinergias de TI/SI e a abordagem multicritério para o problema de seleção de portfólio de projetos.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo será apresentada uma revisão da literatura sobre os temas em estudo, para tanto, esta revisão está dividida em três seções principais:

- Sinergias de Tecnologia e Sistemas de Informação;
- Métodos Multicritério para Problemas de Portfólio de TI/SI sem a Consideração da Sinergia;
- Consideração da Sinergia na Abordagem Multicritério em Problemas de Portfólio.

A primeira seção abordará um levantamento de trabalhos sobre a particularidade das sinergias de tecnologia e sistemas de informação e os conceitos em torno de três tipos de sinergias de TI/SI. A segunda seção apresentará alguns estudos que abordam problemas de portfólio de projetos de TI/SI com uso da abordagem multicritério e que não consideram a questão da sinergia. Já a terceira seção abordará as metodologias de AMD em problemas de portfólio aplicados em vários contextos com a consideração da sinergia.

#### 3.1 Sinergias de Tecnologia e Sistemas de Informação

A sinergia vem permitindo que as empresas obtenham retorno adicional de seus investimentos no tocante aos recursos de TI e SI, visto que as tecnologias e os sistemas de informação têm um maior potencial de valorização da sinergia devido à sua ampla gama de aplicabilidade em vários setores (Cho *et al.*, 2013; Jianbin *et al.*, 2008; Tanriverdi, 2006).

Segundo Jianbin *et al.* (2008), a partilha e a complementaridade entre os recursos de TI e SI são as principais fontes de sinergias de TI/SI nas organizações. Nesse sentido, a partilha de recursos de TI/SI cria a sinergia de TI de custo sub-aditivo, enquanto a complementaridade de recursos de TI/SI gera a sinergia de TI de valor super-aditivo. Com isso, esses dois termos vêm sendo destacados nas literaturas estratégicas e econômicas como base para o entendimento sobre o conceito e os meios de avaliar a sinergia de TI/SI (Tanriverdi & Venkatraman, 2005; Tanriverdi, 2006).

Com base nesse contexto, Chen (2012) propôs um modelo para explorar os mecanismos que ligam os efeitos sinérgicos dos recursos de TI/SI com as capacidades organizacionais e desempenho da empresa. Para isso, foram formuladas hipóteses nas quais são consideradas a sinergia de TI de custo sub-aditivo e a sinergia de TI de valor super-aditivo e seus impactos na capacidade da organização. Os resultados mostram que as empresas obtêm vantagens estratégicas com o uso da sinergia, principalmente, no que diz respeito à sinergia de TI de

valor super-aditivo. Desta forma, a consideração de sinergias possibilita decisões apropriadas sobre os investimentos no portfólio de recursos de TI/SI.

Cho & Shaw (2013) desenvolveram um modelo de otimização para a seleção de portfólios de TI/SI usando como base a teoria do portfólio de Markowitz (1952) e a aplicação da fronteira eficiente como ferramenta para equilibrar o retorno e o risco do portfólio de TI/SI. Tal modelo apresenta um diferencial por distinguir a interdependência do projeto entre a sinergia de projeto (criação de retorno adicional entre os projetos) e a covariância de projeto (probabilidade de sucesso ou fracasso entre os projetos). Para medir a sinergia, os autores consideram a sinergia de TI de custo sub-aditivo e a sinergia de TI de valor super-aditivo como dois tipos de sinergias a serem avaliadas para a resolução do modelo proposto.

Em estudos semelhantes, Cho & Shaw (2009) e Cho *et al.* (2013) investigaram como as empresas podem usar a sinergia de TI/SI para otimizar seus portfólios de TI/SI através do desenvolvimento de um quadro para a seleção de portfólios com dois projetos. Entretanto, nesses estudos, diferentemente dos demais citados, os autores dividem a sinergia de TI de valor super-aditivo em dois tipos, considerando assim, três tipos de sinergias a serem incorporados em um dos três modelos de otimização proposto, são eles: sinergia de TI de custo sub-aditivo, sinergia de TI de valor super-aditivo de uma via e sinergia de TI de valor super-aditivo de duas vias. Os autores utilizaram como base para calcular as sinergias o modelo da média-variância de Markowitz (1952).

Ainda em termos de sinergia de TI de custo sub-aditivo e de valor super-aditivo, o conceito de *cross-unit* está sendo associado à sinergia de TI/SI na literatura (Tanriverdi, 2006; Jianbin *et al.*, 2008), e isso como uma forma de explorar as sinergias de TI/SI entre as diferentes unidades de negócios, através da interação dos recursos de TI/SI e dos processos de gestão em empresas multinegócios.

Para Tanriverdi & Venkatraman (2005), a exploração de *cross-unit* de sinergia é um dos principais determinantes de desempenho corporativo em empresas multinegócios. Com esse conceito, Tanriverdi (2006) afirma que devido à importância da estratégia de TI/SI e da aplicabilidade dos recursos de TI/SI nas organizações, torna-se particularmente relevante o estudo do *cross-unit* de sinergia de TI/SI em empresas com unidades de negócios operando em diferentes segmentos. Neste sentido, o autor examina as fontes de *cross-unit* de sinergia de TI e as condições que podem melhorar o desempenho da empresas multinegócio. Tendo como fontes a partilha e a complementaridade de recursos de TI/SI, o estudo constata que entre as sinergias de TI de custo sub-aditivo e valor de super-aditivo, é essa segunda sinergia que tem efeitos significativos sobre o desempenho da organização.

Jianbin *et al.* (2008), baseados na teoria sinérgica e na visão baseada em recurso (*Resource-Based View* - RBV), estudam o efeito do *cross-unit* de sinergia de TI/SI nas organizações de estrutura complexa, destacando que a partilha e a complementaridade entre os recursos de TI/SI são fatores chaves na avaliação do *cross-unit* de sinergia de TI/SI, no qual: a sinergia de TI de custo sub-aditivo pode ser criada pela partilha de recursos comuns entre quatro dimensões: infraestruturas de TI, recursos humanos de TI, relações com o fornecedor de TI e estratégias de TI; já a sinergia de TI de valor super-aditivo pode ser apoiada pela complementaridade dessas quatro dimensões com o intuito de reduzir os custos e aumentar os benefícios dos recursos de TI.

### 3.1.1 Tipos de Sinergias de TI/SI

A sinergia de TI/SI pode ser compreendida como o retorno adicional que uma empresa pode conseguir a partir de várias unidades de investimento em TI/SI e que não pode ser obtido a partir de unidades individuais (Cho *et al.*, 2013).

No que diz respeito à sinergia de TI/SI na seleção de portfólio de projetos de TI/SI, o estudo de Cho & Shaw (2009) considera a mais ampla definição, uma vez que classificam a sinergia em três tipos: Tipo 1 (sinergia de TI de custo sub-aditivo), Tipo 2 (sinergia de TI de valor super-aditivo de uma via) e Tipo 3 (sinergia de TI de valor super-aditivo de duas vias). Na Figura 3.1 são representados os três tipos de sinergia de TI/SI em um portfólio formado por dois projetos de investimentos em TI/SI.

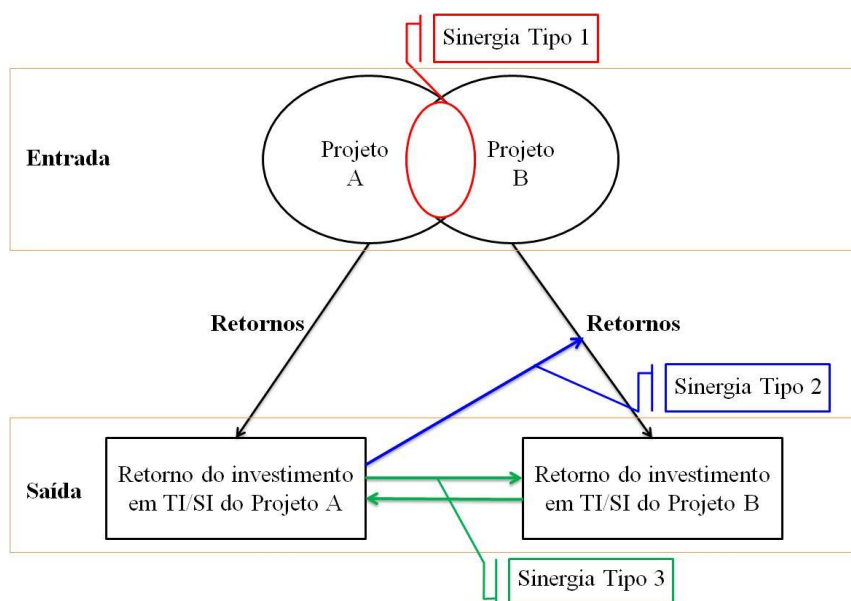


Figura 3.1 ▮ Três tipos de sinergias de TI/SI em um portfólio com dois projetos

Fonte: Adaptado de Cho & Shaw (2009)

No tocante à sinergia de TI/SI do Tipo 1, a mesma está relacionada à economia de custo quando há partilha de recursos de TI/SI comuns entre os projetos (Tanriverdi, 2006; Cho & Shaw, 2009). Exemplos desse tipo de sinergia seriam os compartilhamentos de recursos de hardware e de software entre as diferentes unidades de negócios (Santhanam & Kyparisis, 1995).

Já a sinergia de TI/SI do Tipo 2 refere-se ao valor adicionado pela relação de complementaridade entre os projetos, ou seja, quando o valor intrínseco do primeiro projeto afeta o valor do segundo projeto, porém esse segundo não influencia o primeiro (Tanriverdi 2006; Cho & Shaw, 2009). Por exemplo, o aumento do desempenho num sistema de informação é influenciado pelo desempenho do hardware, mas, este último é afetado por esse SI (Cho & Shaw, 2009).

Por fim, a sinergia de TI/SI do Tipo 3 ocorre quando os projetos são mutuamente beneficiados, ou seja, um projeto de TI/SI contribui um com o outro. Por exemplo, sistemas de desenvolvimento de novos produtos, sistemas de atendimento ao cliente e sistemas de marketing podem criar informações e valores adicionais através do intercâmbio de dados (Cho & Shaw, 2009).

Vale ressaltar que a sinergia de TI/SI do Tipo 2 e do Tipo 3, conforme representado na Figura 3.1, estão relacionadas às saídas geradas pelo portfólio, podendo assumir apenas um dos dois tipos, pois estes são mutuamente excludentes (Cho & Shaw, 2009).

Na seção a seguir, serão apresentados alguns estudos que abordam o problema de portfólio de projetos de TI/SI com uso da abordagem multicritério e sem considerar a questão da sinergia.

### **3.2 Métodos Multicritério para Problemas de Portfólio de TI/SI sem a Consideração da Sinergia**

Nas áreas de tecnologias e sistemas de informação os métodos de AMD vêm sendo usado para a escolha das melhores alternativas em relação aos recursos e investimentos em TI/SI. Lee & Kim (2001) desenvolveram um modelo para a seleção de projetos de SI utilizando o método ANP (*Analytic Network Process*), a técnica de Delphi e a programação linear inteira. Nesse modelo, os autores utilizam a técnica de Delphi para a definição dos objetivos, critérios e relacionamento de interdependência entre os critérios e para a determinação das consequências dos projetos perante os critérios selecionados. Após essa

etapa, é aplicado o método ANP para a priorização dos projetos e posteriormente realizada a otimização através da programação linear inteira.

Stewart & Mohamed (2002) desenvolveram um quadro de tomada de decisão para os executivos avaliarem projetos inovadores de TI/SI, baseado na teoria da utilidade multiatributo (MAUT) combinada com os princípios da economia da informação, com intuito de selecionar projetos de TI/SI com base nos critérios de valor comercial e risco. Para os autores, o MAUT tem a vantagem de levar em consideração as preferências do tomador de decisão através da função de utilidade definidas sobre um conjunto de critérios tangíveis e intangíveis, considerando um contexto probabilístico.

Albuquerque & Costa (2006) propuseram um modelo de seleção de portfólio que utiliza um raciocínio não compensatório, agregando a abordagem de planejamento BSP (*Business System Planning*) ao método PROMETHEE II e aplicando os fluxos líquidos em uma programação linear inteira do tipo 0-1, sujeita às restrições. O modelo foi aplicado para seleção de portfólio de SI de uma empresa voltada para serviços urbanos.

Wu (2006) propôs um método para resolver os problemas de seleção de projetos de TI, combinando o método multicritério ANP com outras metodologias para obter uma solução eficaz que considere critérios financeiros e não-financeiros na tomada de decisão, de forma a assegurar o alinhamento dos investimentos em TI e das necessidades estratégicas da organização.

Yeh *et al.* (2010) apresentaram uma abordagem efetiva de tomada de decisão para o problema de seleção de projetos de sistemas de informação. Para tanto, os autores utilizam um sistema de AMD baseado na lógica *Fuzzy* para facilitar o processo de avaliação e seleção dos projetos de SI e considerando a subjetividade inerente ao processo. De forma semelhante, Thomaidis *et al.* (2006) assumiram um quadro de tomada de decisão multicritério para a avaliação de projetos de SI que incorpora as técnicas da teoria de conjuntos *Fuzzy*, propondo vários termos lingüísticos para avaliar as alternativas em relação aos critérios.

Bai & Zhan (2011) utilizam a lógica *Fuzzy* em junção com o método ANP para propor um novo método denominado *Fuzzy Analytic Network Process* (FANP) que aborda as relações e a incerteza entre os critérios no problema de decisão multicritério para a seleção de projetos de SI. Primeiramente, uma estrutura de rede de critérios é desenvolvida de acordo com o método ANP e, então, o método *Fuzzy* é usado para avaliar a importância entre os critérios.

Almeida *et al.* (2014) propuseram uma metodologia para a seleção de portfólio de projetos de SI que busca integrar a visão estratégica e organizacional, dentro da estrutura de

decisão multicritério, baseado no método PROMETHEE V com o conceito do portfólio c-ótimo e a fim de superar alguns problemas de escala encontrados na forma clássica do método, proposta por de Almeida & Vetschera (2012).

A próxima seção discutirá a consideração da sinergia nos diversos contextos com a abordagem multicritério em problemas de portfólio.

### **3.3 Consideração da Sinergia na Abordagem Multicritério em Problemas de Portfólio**

Os métodos de apoio multicritério a decisão são vistos como importantes ferramentas no auxílio ao processo de decisão. Assim, a literatura apresenta estudos que utilizam as sinergias em conjunto com os métodos de AMD em diferentes contextos. Klapka & Pinões (2002), por exemplo, desenvolveram um método para considerar as interdependências entre os projetos de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) e SI, considerando uma abordagem de seleção de portfólio com o uso de uma adaptação do modelo de decisão multicritério aditivo, que considera a sinergia entre os projetos na função objetivo do portfólio.

De Almeida & Duarte (2011) propuseram um modelo multicritério que traz uma abordagem alternativa do modelo de agregação aditivo para medir os benefícios adicionais da sinergia entre pares de projetos na seleção de portfólio de projetos de P&D e com o emprego de uma abordagem de otimização combinatória, na qual, a função objetivo é uma função de agregação aditiva e a mesma é empregada na escolha dos melhores projetos para a formação de portfólio, de acordo com algumas restrições.

Lopes & de Almeida (2015a) apresentaram um modelo de decisão multicritério para ajudar na seleção de projetos em desenvolvimento da produção de óleo e gás, a fim de determinar um adequado portfólio. Para esse fim, o modelo incorpora a análise de três principais aspectos que devem ser considerados na seleção de projetos nesse contexto: a natureza estocástica e multicritério do contexto de decisão analisado; a avaliação de sinergias entre projetos na indústria do petróleo; e a influência desses aspectos na estrutura de preferências do decisor. Os autores defenderam que a avaliação de sinergias entre projetos deve ser realizada no âmbito do espaço de consequências das alternativas. Para tanto, o modelo proposto é baseado no MAUT, por considerar a estrutura de preferência do decisor sobre a incerteza no contexto do problema.

Em outro estudo, Lopes & de Almeida (2015b) desenvolveram um modelo aditivo para a seleção de portfólio de projetos de exploração e produção de óleo e gás baseado na soma do

valor ou da utilidade multiatributo das alternativas que fazem parte do portfólio com a consideração de sinergias entre as alternativas, as quais foram avaliadas durante a elicitación de preferência do decisor. Além disso, no trabalho também foi realizada uma avaliação de problemas de escala no modelo aditivo para seleção eficaz de portfólios.

Jadda & Janati Idrissi (2015) desenvolveram um modelo de otimização que permite determinar o portfólio de projetos de TI/SI ideal, tomando em consideração duas dimensões: (1) o valor do alinhamento estratégico correspondente ao portfólio, considerando uma função estratégica de SI e (2) o valor dos projetos de TI/SI no portfólio, através de uma função de agregação do modelo aditivo com a avaliação das sinergias criadas entre os projetos no portfólio. Nesse modelo, o método multicritério de agregação aditivo é usado na análise dos critérios de impacto escolhidos pela organização para o processo de avaliação dos projetos considerando as sinergias.

Monteiro *et al.* (2016) propuseram um modelo multicritério para a priorização de portfólios de projetos de TI/SI considerando uma racionalidade não compensatória. Para tanto, foi utilizado um método de sobreclassificação, no caso, o PROMETHEE II. Os autores consideraram a avaliação dos três tipos de sinergias de TI/SI, apresentados por Cho & Shaw (2009), como critérios básicos na aplicação do método multicritério. Para priorizar o melhor portfólio construído e avaliado pela organização com o uso das sinergias.

Ramos *et al.* (2016) apresentaram um modelo para selecionar um portfólio formado por dois projetos de TI/SI considerando os três tipos de sinergia discutido por Cho *et al.* (2013). Nesse estudo, foi utilizada uma adaptação da função valor global do modelo de agregação aditivo considerando as sinergias entre os projetos de TI/SI. A comparação dos resultados da função valor tradicional do modelo aditivo com os resultados da função valor proposta evidência a importância da avaliação de sinergias na seleção de portfólios.

De acordo com o que foi apresentado na revisão da literatura, percebe-se que o problema de portfólio de projetos de TI/SI é tratado dentro de uma abordagem multicritério, no entanto, pouco são os estudos que consideram a avaliação de sinergias na seleção dos projetos no portfólio de TI/SI. Dessa forma, foi identificada na literatura uma lacuna de estudos sobre metodologias de apoio multicritério a decisão para a gestão de portfólio de projetos de TI/SI considerando as sinergias, principalmente, no que corresponde aos tipos específicos de sinergias de TI/SI.

Assim, esta pesquisa visa contribuir propondo dois modelos de decisão que utilizam métodos de AMD para a seleção de portfólio de projetos de TI/SI considerando a avaliação de sinergias entre os projetos no portfólio, proporcionando mecanismos para a análise das

sinergias com uso de abordagens diferenciadas e apropriadas para atender as características dos métodos de AMD utilizados nos modelos propostos.

O próximo capítulo apresentará as proposições de modelos de AMD para problemas de portfólios de projetos de TI/SI usando a avaliação das sinergias entre os projetos.

## 4 MODELOS PROPOSTOS

Neste capítulo, serão apresentadas duas propostas de modelos de decisão para a gestão de portfólio de projetos de TI/SI, considerando a avaliação de sinergias entre os projetos. Para tanto, cada modelo apresenta uma abordagem para atender a estrutura de preferência do decisor, utilizando metodologias multicritério para a seleção de portfólio mais condizente com os objetivos da organização.

Primeiramente, será abordado um modelo que considera a avaliação das sinergias de forma geral entre as combinações de projetos de TI/SI para a formação de um portfólio ideal, considerando as restrições impostas ao problema de decisão e baseado no método PROMETHEE V. Em seguida, será proposto um modelo baseado em uma adaptação da função valor do método de agregação aditivo, que inclui dois aspectos: a aplicação do modelo de agregação aditivo e a avaliação de três tipos de sinergias de TI/SI entre os projetos no portfólio predeterminado. Por fim, aplicações numéricas dos modelos serão apresentadas.

### 4.1 Visão Geral dos Modelos

Para o problema de portfólio de projetos de TI/SI, a incorporação das sinergias entre os projetos que o compõem proporciona maiores benefícios devido às características da tecnologia e sistemas de informação (Cho *et al.*, 2013). Assim, torna-se relevante ter mecanismos que possibilitem a avaliação nesse contexto, proporcionando uma decisão mais precisa sobre esses portfólios para maximizar os retornos e minimizar os riscos sobre os gastos e investimentos em TI/SI.

Vetschera & de Almeida (2012) afirmam que os problemas de seleção de portfólio vêm apresentando uma natureza multidimensional, envolvendo muitas alternativas e muitos critérios, muitas vezes conflitantes. Por esse motivo, a utilização da metodologia de AMD torna-se um mecanismo adequado a esse tipo de problemática, pois permite a seleção das alternativas mediante critérios de avaliação do decisor que levará em consideração suas preferências na tomada de decisão. Os autores ainda afirmam que tanto os métodos compensatórios como os não compensatórios são adequados ao problema de portfólio, visto que mesmo sendo mais frequentemente abordados através de métodos compensatórios, tais como modelo de agregação aditivo, há situações que as abordagens não compensatórias são

mais apropriadas, dependendo da estrutura de preferência e racionalidade do(s) decisor(es) no contexto analisado.

Diante do exposto, a presente pesquisa apresenta dois modelos de decisão multicritério, no qual um é baseado na abordagem não compensatória e outro na abordagem compensatória. Ambos os modelos têm o objetivo de auxiliar um decisor, que representa o gestor ou responsável pelo setor de TI/SI de uma organização, na tomada de decisão sobre a seleção de portfólio de projetos de TI/SI, avaliando as sinergias entre os diferentes projetos.

Para a escolha dos métodos multicritério, foi levado em consideração o contexto do problema, a problemática de referência e a estrutura de preferência do decisor. Como os modelos buscam a seleção de portfólio de projetos de TI/SI considerando a avaliação de sinergias, para essa escolha, também foi considerada a possibilidade de incorporar aos resultados gerados pelo método a avaliação das sinergias entre os projetos de TI/SI no portfólio.

Desta forma, cada um dos dois modelos propostos abordará métodos multicritério com características diferenciadas. O primeiro modelo será baseado no método PROMETHEE V que atende a problemática de portfólio, uma vez que busca a seleção de um subconjunto de alternativas em um conjunto maior de opções, além de ser um método de sobreclassificação, apresentando uma abordagem não compensatória; e o segundo modelo é baseado no método de agregação aditivo determinístico que tem como objetivo selecionar ou ordenar alternativas da melhor para a pior, bem como corresponde ao mais típico método de critério único de síntese, sendo assim, um método compensatório.

Com relação à avaliação das sinergias entre os projetos de TI/SI, os dois modelos se diferem no tocante ao modo de elicitação das sinergias. O primeiro modelo, com uso do PROMETHEE V, avaliará os efeitos da sinergia na avaliação intracritério. Já o segundo modelo propõe a avaliação dos tipos de sinergias de TI/SI pós formação do portfólio, através da agregação na função valor aditiva.

A seguir, serão detalhados os modelos propostos nesta pesquisa, destacando cada uma das fases e etapas dos modelos e, por fim, serão realizadas aplicações numéricas para exemplificar os modelos propostos.

## **4.2 Modelo Multicritério Baseado no PROMETHEE V**

Neste modelo, as sinergias serão consideradas na sua forma geral na avaliação das alternativas em relação aos critérios para selecionar um subconjunto de alternativas com

intuito de obter um portfólio de projetos de TI/SI ideal aos objetivos e restrições da organização. Sendo assim, nesse contexto, a problemática de portfólio é apropriada, pois não só busca selecionar ou ordenar uma única alternativa potencial, mas, selecionar um subconjunto de alternativas dentro de um conjunto maior, respeitando as restrições impostas ao problema.

Desta forma, a escolha do método para este modelo baseia-se na problemática de referência, no contexto do problema e também na estrutura de preferência do decisor que apresenta uma racionalidade não compensatória na análise dos critérios para a seleção de portfólio de projetos de TI/SI, ou seja, procura-se construir um portfólio com alternativas que apresenta um desempenho médio em todos os critérios; isto é, não é interessante ter um portfólio com um bom desempenho em um critério e nos demais seja insatisfatório.

Diante do exposto, assume-se que as características do método PROMETHEE V são coerentes com os objetivos do problema de seleção de portfólio de projetos de TI/SI considerando a problemática de portfólio e a abordagem não compensatória. Isto porque é um método que gera uma pré-ordem completa das alternativas, admitindo a relação de preferência e indiferença, na qual através desta ordenação seleciona um subconjunto de alternativas respeitando as restrições do problema (Brans & Mareschal, 2005). Além disso, é um método não compensatório, que representa uma das variações da família PROMETHEE que trata-se de métodos relativamente simples ao entendimento, pois apresentam conceitos e parâmetros com representação físico e/ou econômico de rápida assimilação e que simplifica a estrutura de preferência do decisor, além disso, é um método flexível na escolha da função de preferência (Vincke, 1992; Belton & Stewart, 2002; de Almeida, 2013).

O modelo é composto de duas fases: a primeira fase consiste na caracterização do problema, onde são levantadas as informações necessárias para a estruturação do problema, enquanto a segunda consiste na aplicação do método multicritério para a recomendação de um portfólio com as melhores alternativas de projetos, de acordo com as restrições impostas. O fluxograma deste primeiro modelo pode ser visualizado na Figura 4.1.

A proposta de modelo apresenta fases e etapas iterativas, podendo o analista ou o decisor retornar se necessário a qualquer momento para rever alguma etapa com o intuito de melhorar os resultados (de Almeida, 2013).

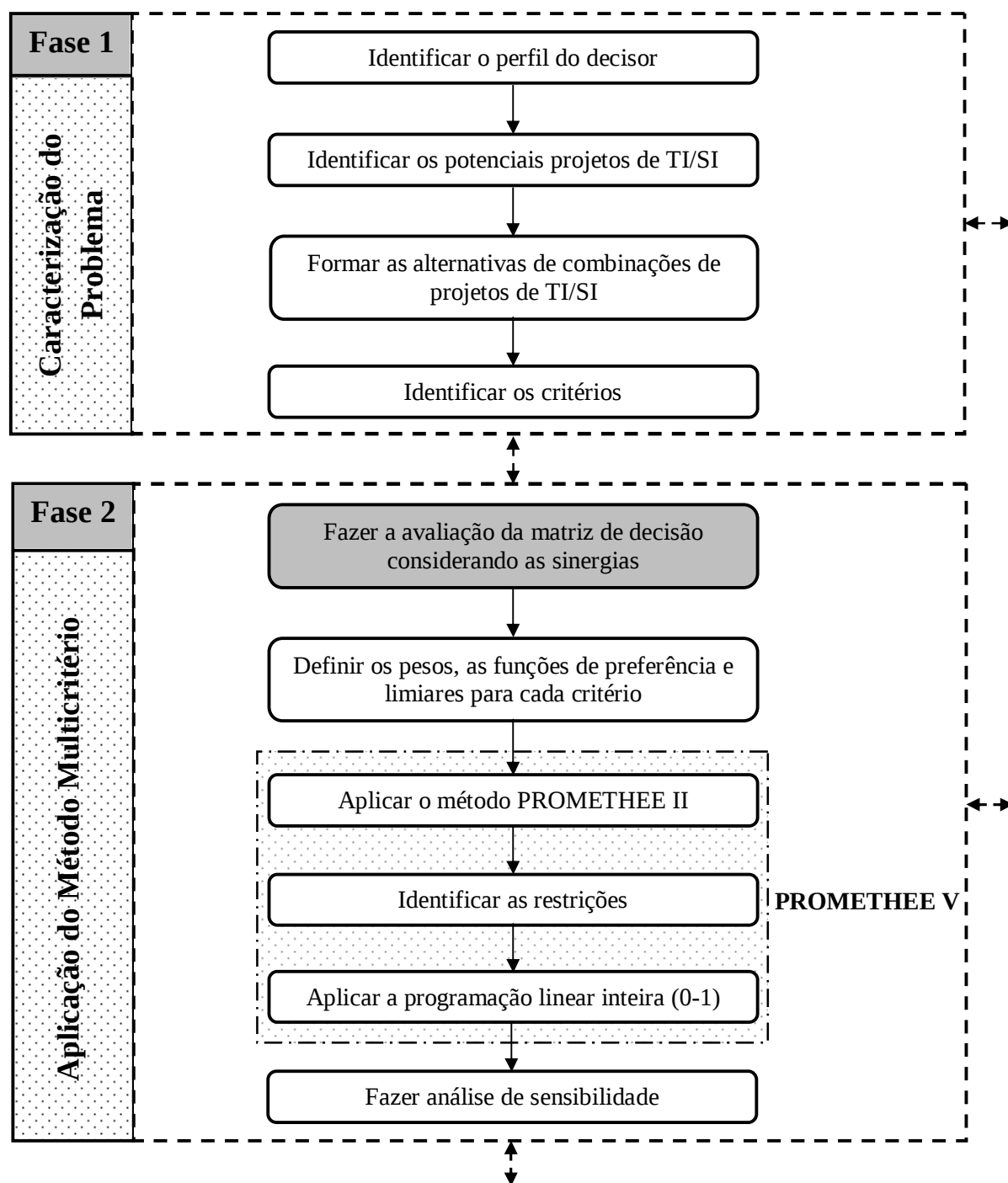


Figura 4.1 Fluxograma das fases e etapas para a aplicação do primeiro modelo

Fonte: Esta pesquisa (2016)

A seguir, serão abordadas de forma mais detalhada cada fase deste modelo e suas respectivas etapas, de acordo com a Figura 4.1.

#### 4.2.1 Caracterização do Problema

A fase 1 corresponde à estruturação do problema. Nesta fase serão identificados os elementos importantes para aplicar a modelagem multicritério para o problema de portfólio de projetos de TI/SI.

Primeiramente, torna-se necessário identificar o perfil do decisor de forma clara e o papel dos atores no problema de decisão. Em seguida, o decisor deverá selecionar, entre os projetos de TI/SI da organização, aqueles que poderão ser adicionados aos portfólios. Posteriormente, serão formadas as combinações dos projetos selecionados como alternativas de escolha. Por fim, será necessário identificar quais os critérios que serão julgados para decidir sobre as alternativas. As quatro etapas dessa primeira fase do modelo serão descritas a seguir.

##### *Identificar o perfil do decisor*

A primeira etapa consiste na identificação do perfil do decisor, visto a importância desse ator no processo decisório (de Almeida, 2013). Para tanto, serão esclarecidas a estrutura de preferências e a racionalidade do decisor dentro da problemática abordada. Torna-se relevante ainda nessa etapa, detalhar o papel dos outros atores que podem estar envolvidos no problema em questão, procurando identificar o papel de cada um.

##### *Identificar os potenciais projetos de TI/SI*

Essa etapa esta destinada a identificar os potenciais projetos de TI/SI que a empresa deseja considerar na construção do portfólio, visto que muitas vezes existem restrições, ocasionando escassez de recursos necessários para incorporar o número total de projetos no portfólio. Além disso, a análise de todos os projetos de TI/SI existentes na empresa pode ser bastante extensa e complexa para o decisor, principalmente no que diz respeito a avaliação de sinergias, que exige do decisor e/ou especialista um número maior de informações a serem consideradas para a obtenção dos resultados com a aplicação do modelo. Por isso, a proposta de considerar apenas os projetos mais importantes no momento para a organização dentre os  $n$  projetos disponíveis, conforme o exemplo ilustrativo representado na Figura 4.2.

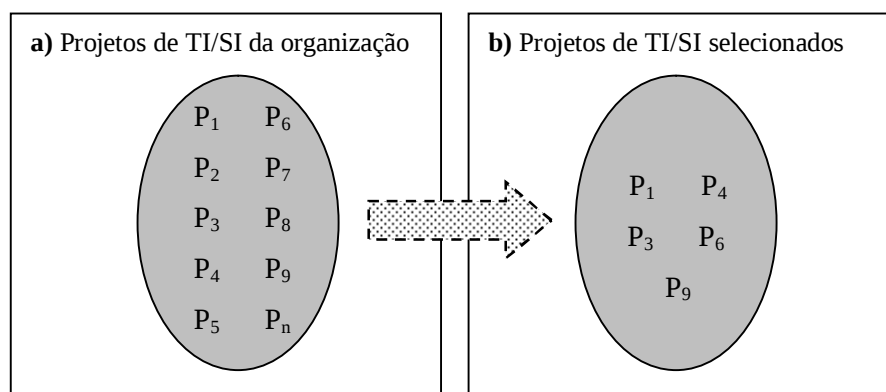


Figura 4.2 ã Identificação dos potenciais projetos de TI/SI na organização

Fonte: Esta pesquisa (2016)

#### ã Formar as alternativas de combinações de projetos de TI/SI

Com intuito de considerar a sinergia geral na avaliação das alternativas de projetos de TI/SI no portfólio, neste modelo, as alternativas de escolha serão compostas por todas as combinações de projetos selecionados, visto que a presença dos efeitos da sinergia só pode ser avaliada a partir de dois ou mais projetos (Goold & Campbell, 1998). Assim, na avaliação das alternativas com relação aos critérios, o decisor poderá considerar o impacto da sinergia na sua forma geral entre os projetos de TI/SI, com o objetivo de formar, posteriormente, o portfólio ideal aos objetivos e restrições da organização.

Por conseguinte, o número de alternativas requeridas para a avaliação, considerando os efeitos da sinergia, poderá ser obtido através da combinação dos  $m$  projetos selecionados dois a dois, conforme mostrado em (4.1).

$$C(m,2) = \frac{m!}{2!(m-2)!} \quad (4.1)$$

Onde:

$m$  é o número de projetos potenciais selecionados.

Neste modelo, a combinação dois a dois dos projetos de TI/SI selecionados torna-se apropriada para facilitar o processo de avaliação intracritério na aplicação do método multicritério, pelo fato de serem necessários no mínimo dois projetos para avaliar os efeitos de sinergia, bem como será a partir destas alternativas de combinações de projetos de TI/SI que o método de AMD, neste modelo, recomendará o portfólio ideal.

### *Identificar os critérios*

Para a definição do conjunto de critérios em que as combinações de projetos formadas anteriormente deverão ser avaliadas, o decisor deverá estabelecer os critérios que impactam na comparação das alternativas na gestão dos portfólios de projetos de TI/SI. Para tanto, o analista e o especialista da área pode auxiliar no estudo sobre o que deve ser considerado neste tipo de escolha, com base na literatura existente e/ou na experiência adquirida, evidenciando os critérios que melhor representem as metas da organização. Para assegurar o sistema de valores do decisor, os critérios devem ser claros e podem se apresentar de forma quantitativa ou qualitativa (Gomes *et al.*, 2006).

Após as etapas de caracterização do problema, a fase 2 do modelo consiste em aplicar o método de AMD, que neste modelo refere-se ao método PROMETHEE V, o qual será debatido a seguir.

#### 4.2.2 Aplicação do Método Multicritério

Na fase em questão, será realizado o processo de aplicação do método multicritério. Para tanto, a primeira etapa implicará na avaliação da matriz de decisão, com base nas informações obtidas na fase anteriores, considerando a análise das sinergias. Posteriormente, serão atribuídos os pesos e as funções preferência modelada. Através dessas informações, o método PROMETHEE V ordenará as alternativas utilizando o método PROMETHEE II e, posteriormente, integrará as restrições impostas ao problema para aplicar a programação linear inteira do tipo 0-1 e obter a recomendação do melhor portfólio, conforme descrito a seguir.

### *Fazer a avaliação da matriz de decisão considerando as sinergias*

Para iniciar a primeira fase do PROMETHEE será realizada a avaliação intracritério, capaz de representar as preferências do decisor. Os resultados dessa avaliação resultarão no desempenho de cada alternativa  $i$  sobre cada critério  $y$  estabelecido, gerando-se, desta forma, a matriz de decisão, que corresponde ao ponto de partida para um problema de decisão multicritério (de Almeida, 2013).

Neste modelo, a avaliação da matriz de decisão irá incorporar os efeitos da sinergia, assim, torna-se necessário que o decisor e/ou especialista tenha a capacidade de avaliar os efeitos da sinergia entre as alternativas de combinações aos pares de projetos de TI/SI com relação a cada critério. Para isso, poderão ser utilizados questionamentos que permitam

identificar o impacto da sinergia. Por exemplo: existe sinergia positiva ou negativa entre o projeto  $i$  e o projeto  $j$ ? Se sim, qual seria o impacto em relação ao critério  $y$ ? Além disso, é possível solicitar ao decisor e/ou especialista que atribua um percentual de sinergia entre as alternativas para posteriormente avaliá-las perante os critérios.

#### Definir os pesos, as funções de preferência e limites para cada critério

Para dar continuidade ao procedimento, será necessária a determinação dos pesos, que correspondem ao grau de importância relativa entre os critérios. A atribuição de pesos deverá ser feita por comparação de importância, atribuindo o maior peso ao critério julgado como mais importante (Gomes *et al.*, 2006). Para a obtenção dos pesos, questiona-se ao decisor que pesos serão atribuídos a cada um dos critérios, cujo somatório deve ser igual a 1.

Outra informação necessária para a aplicação do método PROMETHEE é a função de preferências, definidas na seção 2.4.3.1. De acordo com os critérios analisados, o decisor deverá estabelecer uma das seis funções de preferência que melhor representa cada um dos critérios e, se necessário, os parâmetros tocante às funções: limite de preferência ( $p$ ) e limite de indiferença ( $q$ ).

#### Aplicar o método PROMETHEE II

De posse dos dados gerados nas etapas anteriores, a aplicação do método PROMETHEE II consiste no cálculo do fluxo de sobreclassificação líquido [ $\tilde{u}(a)$ ] (Equação 2.5), para obter o *ranking* completo das alternativas que, posteriormente, incorporam à função objetivo no PROMETHEE V. A ferramenta de software Visual PHOMETHEE poderá ser utilizada para inserir os dados informados e assim obter as informações de ordenação das alternativas, através da avaliação intercritério.

#### Identificar as restrições

Esta etapa consiste na identificação das restrições adicionais que serão consideradas na aplicação da programação linear inteira (0-1) necessária no método PROMETHEE V. O ambiente no qual os projetos são empreendidos é cercado por diversos tipos de restrições. Pode-se citar, por exemplo, restrições orçamentárias, restrições de prazo, restrições de recursos humanos, restrições de tempo, entre outras (López & de Almeida, 2014).

No problema de seleção de portfólio de projetos de TI/SI, Almeida *et al.* (2014) afirmam que vários tipos de restrições podem ser considerados, sendo geralmente o

orçamento a principal. Assim, neste modelo, as restrições deverão ser inclusas conforme a adequação das situações específicas de cada empresa.

#### Aplicar a programação linear inteira (0-1)

Para obter os resultados de recomendação do melhor portfólio de projetos de TI/SI, através do método PROMETHEE V, o modelo proposto considera que a função objetivo do problema de otimização será formada pelos fluxos líquidos das combinações dos projetos de TI/SI, considerando as sinergias e com as devidas considerações para resolução do problema do fluxo negativo, conforme Equação (4.2). Isso, diferentemente da função original do método que considera os fluxos líquidos dos projetos individuais. Além disso, serão consideradas as restrições identificadas na etapa anterior e a restrição de portfólio c-ótimo proposta por Almeida & Vetschera (2012), para evitar inconsistência inerente da transformação dos fluxos negativos.

$$\max \sum_{z=1}^n \phi_z' x_z \quad (4.2)$$

Onde:

$\phi_z'$  é o fluxo líquido das combinações de projetos com a consideração das sinergias e após a resolução do problema de escala;

$x_z$  é uma variável binária que indica se a combinação de projetos  $z$  está inclusa no portfólio.

#### Fazer análise de sensibilidade

Após a análise preliminar dos resultados, realiza-se uma análise de sensibilidade que visa validar a robustez da solução proposta. Assim, serão observadas as reações das alternativas em diferentes cenários, com diferentes parâmetros, como, por exemplo, diferentes pesos entre os critérios e alterações nas restrições.

Na próxima seção, para testar a viabilidade do modelo, será apresentada uma aplicação numérica do modelo multicritério baseado no PROMETHEE V.

### 4.2.3 Aplicação Numérica do Modelo

Para a aplicação do modelo proposto foram utilizados os dados apresentados no estudo de caso de Nanes (2014), no qual foi usado outro método de AMD para tratar a problemática de classificação dos investimentos em TI/SI. Entretanto, o presente estudo aborda os dados

dentro de uma nova perspectiva, no qual o decisor forma o portfólio de projetos de TI/SI considerando a análise das sinergias, bem como as restrições impostas ao problema.

A organização estudada é uma indústria de médio porte do ramo têxtil, voltada à fabricação de etiquetas, localizada no interior pernambucano. Essa empresa busca aumentar os retornos e minimizar os riscos sobre os investimentos no setor de tecnologia e sistemas de informação, através de um portfólio de projetos de TI/SI ideal às restrições orçamentárias desse setor na organização.

Neste caso, é importante ressaltar que, conforme detalhado no estudo de caso de Nanes (2014), o decisor tem a função de coordenador da área de TI da organização e dentro do seu orçamento tem autonomia para tomar decisões na área de TI e SI sem precisar de autorização de seus superiores. Além disso, o decisor tem racionalidade não compensatória na avaliação dos critérios, podendo a avaliação intracritério ser representada pelos pesos dos critérios que assumem noção de grau de importância. Porém, no processo decisório existem outros atores que pode influenciar, dentre eles destacam: os proprietários da organização, os colaboradores, as empresas parceiras e os clientes da organização.

Depois de identificado o decisor e os demais atores do processo de decisão, foram selecionados cinco potenciais projetos de TI/SI da organização relevantes para o alcance dos objetivos da empresa, conforme apresentado no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 *Projeto de TI/SI selecionados*

| Projetos                                     | Descrição                                                                       | Siglas |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Atualização de <i>software</i>               | Atualizar o sistema interno para facilitar a comunicação interna e comercial    | P1     |
| Atualização do servidor                      | Atualizar a rede de servidor para aumentar a segurança em torno das informações | P2     |
| <i>Up grade</i> nas instalações tecnológicas | Adquirir novos computadores                                                     | P3     |
| Novas tecnologias                            | Modernizar as máquinas do setor produtivo                                       | P4     |
| Novas ferramentas tecnológicas (Aplicativos) | Criar aplicativos para auxiliar nas transações do setor comercial               | P5     |

Fonte: Adaptado de Nanes (2014)

Posteriormente, baseados no número  $m$  de projetos de TI/SI selecionados, foi identificado o número de alternativas de combinações de projetos dois a dois, através da Equação (4.1). Isso para possibilitar a avaliação dos efeitos da sinergia, bem como facilitar a seleção dos projetos de TI/SI para a formação do portfólio ideal na aplicação do método. A

partir disso, foram formadas dez alternativas a serem avaliadas considerando os efeitos da sinergia em relação ao conjunto de critérios. Na Tabela 4.1 são apresentadas as alternativas.

Tabela 4.1 Alternativas de combinações de projetos de TI/SI

| Combinações de Projetos de TI/SI | Siglas |
|----------------------------------|--------|
| P1+P2                            | A1     |
| P1+P3                            | A2     |
| P1+P4                            | A3     |
| P1+P5                            | A4     |
| P2+P3                            | A5     |
| P2+P4                            | A6     |
| P2+P5                            | A7     |
| P3+P4                            | A8     |
| P3+P5                            | A9     |
| P4+P5                            | A10    |

Fonte: Esta pesquisa (2016)

Os critérios adotados foram identificados com base no estudo de Nanes (2014), no qual o decisor definiu oito critérios levados em consideração na tomada de decisão no contexto do problema, de acordo com embasamento da literatura. No Quadro 4.2 são mostrados e descritos os critérios trabalhados.

Quadro 4.2 Critérios

| Critérios                                     | Descrição                                                     | Siglas | Tipo de função | Unidade de medida            |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------|----------------|------------------------------|
| Conectividade com as redes globais            | Oferecer conectividade de comunicação de voz e dados          | C1     | Maximizar      | Escala de Likert de 5 pontos |
| Automação dos processos                       | Automatizar as atividades rotineiras de TI/SI                 | C2     | Maximizar      |                              |
| Segurança da informação                       | Proteger as informações de diversos tipos de ameaças          | C3     | Maximizar      |                              |
| Facilidade nas transações comerciais          | Melhor as operações de compra e venda de produtos ou serviços | C4     | Maximizar      |                              |
| Necessidades mais urgentes                    | Priorizar os investimentos em TI/SI                           | C5     | Maximizar      |                              |
| Aumento da conectividade com as redes globais | Ampliar o sistema a favor da conectividade de redes globais   | C6     | Maximizar      |                              |
| Aumento da capacidade tecnológica             | Ampliar a capacidade de satisfazer as necessidades de TI      | C7     | Maximizar      |                              |
| Aumento da confiabilidade                     | Obter informações completas, precisas e responsivas           | C8     | Maximizar      |                              |

Fonte: Adaptado de Nanes (2014)

Todos os critérios foram julgados de forma subjetiva e a escala de Likert, definida a partir dos níveis de preferência determinados, foi convertida em escala numérica como forma de obter maior objetividade na avaliação, de acordo com os dados da Tabela 4.2.

Tabela 4.2 **↗** Conversão da escala de Likert dos critérios

| Escala Verbal | Escala Numérica |
|---------------|-----------------|
| Muito Ruim    | 1               |
| Ruim          | 2               |
| Médio         | 3               |
| Bom           | 4               |
| Muito Bom     | 5               |

Fonte: Adaptado de Nanes (2014)

Na aplicação do método multicritério, com base na preferência do decisor, foi obtida a avaliação da matriz de decisão, na qual o decisor avaliou cada alternativa de combinação de projetos de TI/SI considerando as sinergias em relação aos oito critérios. Para tanto, o decisor com base no seu conhecimento avaliou cada alternativa com relação aos critérios considerando a informação sobre a presença de sinergias entre os dois projetos em cada alternativa. Na Tabela 4.3 são apresentados os dados da matriz de decisão já com a consideração das sinergias.

Tabela 4.3 **↗** Matriz de decisão considerando as sinergias

| Alternativas | Critérios |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|
|              | C1        | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |
| A1           | 2         | 4  | 4  | 4  | 3  | 2  | 4  | 4  |
| A2           | 3         | 3  | 3  | 3  | 3  | 2  | 4  | 3  |
| A3           | 2         | 3  | 4  | 4  | 3  | 2  | 3  | 3  |
| A4           | 3         | 5  | 3  | 4  | 3  | 2  | 3  | 3  |
| A5           | 2         | 2  | 3  | 2  | 4  | 2  | 4  | 3  |
| A6           | 3         | 3  | 4  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| A7           | 2         | 3  | 3  | 2  | 3  | 2  | 3  | 3  |
| A8           | 3         | 4  | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 3  |
| A9           | 3         | 4  | 3  | 4  | 3  | 2  | 3  | 4  |
| A10          | 3         | 4  | 4  | 4  | 3  | 2  | 3  | 4  |

Fonte: Adaptado de Nanes (2014)

Posteriormente, para a obtenção dos pesos, questionou-se ao decisor através da atribuição direta de peso, qual seria o valor atribuídos a cada um dos critérios. O decisor estipulou os pesos conforme o grau de importância de cada critério analisado e

sucessivamente usou a função critério usual, que foi a mais apropriada à forma de julgamento feita pelo decisor (Tabela 4.4). A função critério usual representa a situação básica do método PROMETHEE e assim não é necessária a definição dos parâmetros  $p$  e/ou  $q$ , ou seja, qualquer diferença na avaliação do decisor entre as alternativas aponta uma situação de preferência (de Almeida, 2013).

Tabela 4.4  $\tilde{n}$  Pesos e função de preferência dos critérios

| <b>Crítérios</b>             | <b>C1</b>                                       | <b>C2</b> | <b>C3</b> | <b>C4</b> | <b>C5</b> | <b>C6</b> | <b>C7</b> | <b>C8</b> |
|------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Pesos</b>                 | 0,05                                            | 0,15      | 0,25      | 0,10      | 0,10      | 0,05      | 0,20      | 0,10      |
| <b>Função de Preferência</b> | Critério Usual: não há parâmetro a ser definido |           |           |           |           |           |           |           |

Fonte: Adaptado de Nanes (2014)

Nas etapas de aplicação do método PROMETHEE V, no primeiro instante foi feita a ordenação das alternativas de combinações de projetos de TI/SI através da aplicação do método PROMETHEE II. Para tanto, foi usado o software Visual PHOMETHEE onde foram inseridos os dados e, assim, obtido o *ranking* das alternativas conforme o grau de importância em relação aos objetivos da empresa. Os resultados dos fluxos líquidos para cada alternativa (A1 à A10), que são chave para a aplicação da programação linear inteira (0-1), são expostos na Tabela 4.5 de forma ordenada do melhor para o pior.

Tabela 4.5  $\tilde{n}$  Fluxos líquidos das combinações de projetos de TI/SI

| <b>Ranking</b> | <b>Alternativas</b> | <b><math>\tilde{u}(a)</math></b> |
|----------------|---------------------|----------------------------------|
| 1º             | A1                  | 0,4444                           |
| 2º             | A10                 | 0,2778                           |
| 3º             | A8                  | 0,0889                           |
| 4º             | A9                  | 0,0000                           |
| 5º             | A3                  | -0,0222                          |
| 6º             | A4                  | -0,0278                          |
| 7º             | A6                  | -0,0444                          |
| 8º             | A2                  | -0,1000                          |
| 9º             | A5                  | -0,1833                          |
| 10º            | A7                  | -0,4333                          |

Fonte: Esta pesquisa (2016)

Segundo o *ranking* de alternativas recomendado pelo PHOMETHEE II, é possível observar que a alternativa A1 (P1+P2) tem o maior fluxo líquido (0,4444), sendo assim, é

considerada a melhor alternativa entre as disponíveis, seguida pelas alternativas A10 (P4+P5) e A8 (P3+P4) que apresentaram fluxos líquidos de 0,2778 e 0,0889, respectivamente. Entre as alternativas examinadas, a com o pior *ranking* foi A7 (P2+P5), com fluxo líquido mais negativo de -0,4333, representando aquela combinação de projetos que é sobreclassificada por todas as outras.

Em seguida, as restrições por parte da organização foram impostas. Neste problema de otimização foi estabelecida apenas a restrição orçamentária, devido ao fato do decisor ter um orçamento máximo para os investimentos em TI/SI, uma vez que escolhas de projetos que ultrapassasse esse valor ocasionaria na necessidade de autorização dos proprietários para a liberação da execução do portfólio. Nesta aplicação os valores correspondentes à restrição do problema e ao orçamento são dados fictícios, no entanto, seguem a lógica da estratégia da organização. No tocante ao orçamento máximo do decisor foi considerado o valor de R\$ 20.000,00 e os valores dos investimentos das alternativas são apresentados na Tabela 4.6 a seguir.

Tabela 4.6 – Valores da restrição de orçamento

| Alternativas | Restrição                        |
|--------------|----------------------------------|
|              | Investimento médio - IM<br>(R\$) |
| A1           | 8.500                            |
| A2           | 11.000                           |
| A3           | 12.000                           |
| A4           | 12.000                           |
| A5           | 10.500                           |
| A6           | 11.500                           |
| A7           | 7.000                            |
| A8           | 9.500                            |
| A9           | 9.500                            |
| A10          | 10.500                           |

Fonte: Esta pesquisa (2016)

Definidos os fluxos líquidos e a relação de restrição imposta, foi usado o LINDO 6.1 (*Linear Interactive and Discrete Optimizer*) para o tratamento do problema de programação linear inteira binária, utilizando os fluxos líquidos como os coeficientes da função objetivo, conforme a adaptação de Almeida & Vetschera (2012) para o PROMETHEE V, que aceita a inclusão de alternativas com fluxos líquidos negativos, e que para esta aplicação foram as alternativas: A2, A3, A4, A5, A6, A7 e A9. Desta forma, para evitar distorções devido à

mudança de escala dos fluxos líquidos, também foi considerada a restrição de portfólio c-ótimo para cada número  $c$  de alternativas viáveis (Equação 2.10).

Os fluxos líquidos das alternativas foram alterados atribuindo o valor do menor fluxo líquido, no caso,  $[-0,4333]$  e, posteriormente, somando uma constante  $\tilde{U}$  com valor de 0,0500, que representa um valor pequeno, perante os resultados apresentados, a ser atribuído para tornar todos os fluxos com valores positivos e diferentes de zero (0). Assim, a modelagem do problema de otimização segue a forma:

$$\max \sum_{z=1}^{10} \Phi_z \cdot x_z \quad (4.2)$$

Sujeito a:

$$\sum_{z=1}^{10} IM_z x_z \leq 20.000 \quad (4.3)$$

$$\sum_{z=1}^{10} x_z = c \quad (4.4)$$

$$x_z \in \{0,1\}$$

Onde:

$\tilde{U}_z$  é o fluxo líquido das combinações de projetos possíveis após a resolução do problema de escala;

$x_z$  é uma variável binária que indica se a combinação de projetos  $z$  está inclusa no portfólio;

$IM_z$  é o valor do investimento para cada alternativa  $z$ ;

$c$  é um número fixo de alternativas  $z$  dentre as disponíveis que formarão o portfólio.

Neste caso, aplicando o PROMETHEE V com conceito de portfólio c-ótimo, foi encontrado somente uma solução de portfólio c-ótimo ( $c=2$ ), sendo essa a solução p-ótimo do método original, incluindo no portfólio os seguintes projetos de TI/SI: P1, P2, P4 e P5, conforme resultados apresentado na Tabela 4.7.

Tabela 4.7  $\tilde{n}$  Resultado do portfólio de projetos de TI/SI

| Siglas | Projetos                                     | Portfólio com sinergias |
|--------|----------------------------------------------|-------------------------|
| P1     | Atualização de <i>software</i>               | 1                       |
| P2     | Atualização do servidor                      | 1                       |
| P3     | <i>Up grade</i> nas instalações tecnológicas | 0                       |
| P4     | Novas tecnologias                            | 1                       |
| P5     | Novas ferramentas tecnológicas (Aplicativos) | 1                       |

Fonte: Esta pesquisa (2016)

O portfólio gerado pelo modelo otimizou as alternativas de acordo com as preferências do decisor em consideração as sinergias, ao conjunto de critérios e as restrições impostas pela organização. O portfólio de projetos de TI/SI recomendado pelo método permite a melhor contribuição para a eficácia dos gastos e investimentos em TI/SI na organização. Foram selecionados quatro projetos de TI/SI entre os disponíveis, o que gerou um valor máximo da função objetivo igual a 1,6888 e investimentos na ordem de R\$19.000,00.

Por fim, após a aplicação do método, foram realizadas análises de sensibilidade, na qual foram aplicadas diretamente no método PROMETHEE II com intuito de observar a influência da mudança nos resultados a partir das variações dos pesos atribuídos a cada critério. Para isso, foram selecionados os critérios que apresentaram maior grau de importância, ou seja, segurança da informação (C3) e aumento da capacidade tecnológica (C7), com pesos de 0,25 e 0,20, respectivamente.

Para a primeira análise, foi aumentado em 10% o peso de cada um dos critérios (C3 e C7) e realizado o ajuste dos pesos para os demais critérios e na segunda análise, foi reduzido em 10% os pesos dos mesmos critérios e retribuindo para os outros critérios. Com os pesos redefinidos, foram calculados os fluxos líquidos e, em seguida, o PROMETHEE V para a escolha do portfólio de projetos de TI/SI. As ordenações dos fluxos líquidos são expostas na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 *Resultados da análise de sensibilidade*

| Ranking Inicial | Critérios                                     |        |            |        |                                                         |        |            |         |
|-----------------|-----------------------------------------------|--------|------------|--------|---------------------------------------------------------|--------|------------|---------|
|                 | Segurança da informação $\tilde{n}$ C3 (0,25) |        |            |        | Aumento da capacidade tecnológica $\tilde{n}$ C7 (0,20) |        |            |         |
|                 | -10%                                          |        | +10%       |        | -10%                                                    |        | +10%       |         |
| A1 0,4444       | A1                                            | 0,4329 | A1         | 0,4559 | A1                                                      | 0,4352 | A1         | 0,4537  |
| A10 0,2778      | A10                                           | 0,2663 | A10        | 0,2893 | A10                                                     | 0,2940 | A10        | 0,2616  |
| A8 0,0889       | A8                                            | 0,1063 | A8         | 0,0714 | A8                                                      | 0,0774 | A8         | 0,1003  |
| A9 0,0000       | A9                                            | 0,0163 | A3 0,0004  |        | A9                                                      | 0,0130 | A9         | -0,0130 |
| A3 -0,0222      | A4 -0,0135                                    |        | A9 -0,0163 |        | A3 -0,0149                                              |        | A3 -0,0295 |         |
| A4 -0,0278      | A3 -0,0448                                    |        | A6 -0,0250 |        | A4 -0,0163                                              |        | A4 -0,0392 |         |
| A6 -0,0444      | A6 -0,0639                                    |        | A4 -0,0421 |        | A6 -0,0346                                              |        | A6 -0,0543 |         |
| A2 -0,1000      | A2 -0,0897                                    |        | A2 -0,1103 |        | A2 -0,1172                                              |        | A2 -0,0828 |         |
| A5 -0,1833      | A5 -0,1770                                    |        | A5 -0,1897 |        | A5 -0,2037                                              |        | A5 -0,1630 |         |
| A7 -0,4333      | A7 -0,4329                                    |        | A7 -0,4337 |        | A7 -0,4330                                              |        | A7 -0,4337 |         |

Fonte: Esta pesquisa (2016)

Os resultados mostraram variações no *ranking* no critério C3 quando elevado e reduzido seu peso em 10%, conforme destacado na Tabela 4.8. No entanto, as alternativas que compõem as primeiras três posições e as três últimas não sofreram alterações. Em relação ao critério C7, não houve alterações na posição do *ranking* quando alterado o peso em  $\pm 10\%$ .

Com relação à etapa de aplicação da programação linear inteira (0-1), o portfólio de alternativas recomendado na aplicação do PROMETHEE V, no entanto, permaneceu inalterado em todas as situações analisadas. Na análise de sensibilidade com o critério segurança das informações (C3), quando aumentado o peso em 10%, a função objetivo no problema de otimização teve um valor de 1,7126, já quando reduzido o peso em 10%, o valor da função objetivo passou a ter valor total de 1,6650. Ademais, quando aumentado em 10% o peso do critério aumento da capacidade tecnológica (C7), o valor da função objetivo assumiu o valor máximo de 1,6827 e quando reduzido em 10% o peso, a função objetivo no problema de otimização apresentou valor total de 1,6952. Assim, percebe-se uma consistência dos resultados obtidos na aplicação do modelo.

#### 4.2.3.1 Discussão comparativa dos resultados do PROMETHEE V

O modelo de seleção de portfólio de projetos de TI/SI, considerando a sinergia na avaliação das alternativas com relação aos critérios, possibilita o decisor considerar a sinergia na seleção de portfólio, o que pode apresentar resultados diferentes na aplicação do método com a avaliação intracritério entre os projetos de forma individual.

Para provar o impacto da sinergia na análise do modelo proposto, foi feita uma nova aplicação do modelo desconsiderando a etapa de formar as alternativas de combinações de projetos de TI/SI, na fase 1 do modelo. Assim, as alternativas de escolha representam os cinco potenciais projetos de TI/SI e considerando os oito critérios estudados, visto que foram mantidas as informações apresentadas na aplicação numérica do modelo, na seção 4.3.1. Na aplicação do método multicritério, a avaliação da matriz de decisão foi realizada em consideração de cada projeto individual em relação aos critérios, obtendo os resultados apresentados na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 **ñ** Matriz de decisão sem a consideração das sinergias

| Projetos  | Critérios |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|
|           | C1        | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |
| <b>P1</b> | 2         | 2  | 4  | 4  | 3  | 3  | 4  | 4  |
| <b>P2</b> | 2         | 2  | 5  | 3  | 4  | 2  | 5  | 5  |
| <b>P3</b> | 2         | 2  | 4  | 4  | 4  | 3  | 5  | 5  |
| <b>P4</b> | 2         | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  |
| <b>P5</b> | 3         | 4  | 3  | 3  | 3  | 3  | 5  | 5  |

Fonte: Adaptação de Nanes (2014)

Por conseguinte, mantendo os pesos e a função de preferência (Tabela 4.4), foi aplicado o método PROMETHEE II que gerou os resultados apresentados na Tabela 4.10, na qual os fluxos líquidos foram atribuídos a função objetivo da programação linear inteira (0-1) em conjunto com as restrições de orçamento e de portfólio c-ótimo. Na Tabela 4.11 são apresentados os resultados de projetos de TI/SI recomendados pelo método PROMETHEE V, sem considerar a análise da sinergia na avaliação intracritério, assumindo uma função objetivo máxima de 1,45 e selecionando os seguintes projetos de TI/SI: P1, P2, P3 e P5.

Tabela 4.10 **ñ** Fluxos líquidos dos projetos de TI/SI

| Ranking | Projetos | $\tilde{u}(a)$ |
|---------|----------|----------------|
| 1º      | P2       | 0,2375         |
| 2º      | P3       | 0,2375         |
| 3º      | P5       | -0,0125        |
| 4º      | P4       | -0,2000        |
| 5º      | P1       | -0,2625        |

Fonte: Esta pesquisa (2016)

Tabela 4.11 **ñ** Resultado do portfólio de projetos de TI/SI sem considerar as sinergias

| Siglas    | Projetos                                     | Portfólio sem sinergias |
|-----------|----------------------------------------------|-------------------------|
| <b>P1</b> | Atualização de software                      | 1                       |
| <b>P2</b> | Atualização do servidor                      | 1                       |
| <b>P3</b> | Up grade nas instalações tecnológicas        | 1                       |
| <b>P4</b> | Novas tecnologias                            | 0                       |
| <b>P5</b> | Novas ferramentas tecnológicas (Aplicativos) | 1                       |

Fonte: Esta pesquisa (2016)

Ao observar os resultados apresentados na Tabela 4.10, percebe-se que o projeto P1 está na pior posição no *ranking* entre os projetos de TI/SI analisado, no entanto, quando considerado os efeitos da sinergia na combinação desse projeto com o projeto P2, ou seja, a alternativa A1, a mesma ocupa a melhor posição na ordenação feita pelo PROMETHEE II, conforme mostrado na Tabela 4.5 anteriormente. Assim, é notável que o efeito positivo da sinergia entre P1 e P2 impacta na recomendação apresentada pelo método multicritério.

Outro ponto importante analisado entre os resultados nas Tabelas 4.7 e 4.11, é a diferença entre os projetos que compõe o portfólio recomendado pelo PROMETHEE V, uma vez que nesta nova aplicação, o projeto P4 (Novas tecnologias) é substituído pelo projeto P3 (*Up grade* nas instalações tecnológica).

É necessário destacar também que, mesmo sendo selecionados quatro projetos de TI/SI em ambas as aplicações, os valores das funções objetivo são diferentes, quando aplicado o método original com o conceito de portfólio c-ótimo, ou seja, sem a consideração das sinergias, houve um decréscimo de 0,2388 no valor da função objetivo, em comparação com a função objetivo na aplicação do modelo proposto, passando a ter valor total de 1,45.

Desta forma, a sinergia impacta no resultado final gerado pelo PROMETHEE V e com a utilização do modelo proposto a empresa pode selecionar um portfólio que apresente uma maior contribuição, visto que os efeitos da sinergia entre as alternativas serão considerados.

No próximo tópico, será apresentado de forma mais detalhada o segundo modelo proposto nesta dissertação.

#### 4.3 Modelo Multicritério Baseado na Função Valor Aditiva

O objetivo deste modelo, em relação às sinergias, será agregar a avaliação de três tipos de sinergias de TI/SI em uma função única de síntese, a partir da aplicação do método de AMD para a seleção de portfólios de projetos de TI/SI predeterminados pela organização. Devido a esse fator, não pode-se usar um método de sobreclassificação, pois os mesmos não trabalham agregando várias dimensões em uma função global. Nesse contexto, torna-se apropriado os métodos de critério único de síntese, onde é possível agregar todas as variáveis em uma única função global, possuindo uma lógica de agregação compensatória (de Almeida, 2013).

Assim, na aplicação do modelo proposto, considera-se a abordagem compensatória através do procedimento de *trade-off* entre a avaliação das alternativas de portfólios, ou seja, existe a compensação de um mau desempenho em um determinado critério por um bom

desempenho em outro critério. Além disso, o contexto do problema de decisão visa selecionar entre os portfólios de projetos de TI/SI construídos pela organização qual será escolhido após a agregação das sinergias, assim é caracterizado como uma problemática de escolha.

A consideração de todos esses aspectos levou a escolha de um método de critério único de síntese, especificamente, o modelo de agregação aditivo determinístico, isso, por ser considerado de fácil compreensão e de simples aplicação, em relação aos demais procedimentos de agregação, além de que, muito utilizado em problemas de portfólio (Vetschera & de Almeida, 2012; de Almeida, 2013). Neste modelo é construída uma função valor aditiva que agrega as preferências do decisor em uma estrutura única e ainda considera a avaliação dos diferentes tipos de sinergias de TI/SI para o problema de seleção de portfólio.

O modelo proposto é dividido em três fases: a primeira, caracterização do problema, busca identificar o perfil do decisor, identificar os potenciais projetos, definir as alternativas de portfólios e identificar os critérios. A segunda fase consiste na avaliação dos três tipos de sinergias de TI/SI. E a terceira e última fase é a aplicação do método de agregação aditivo, bem como, da função com a agregação das sinergias de TI/SI proposta no modelo.

O processo de modelagem permite ao analista, a pedido do decisor ou por inconsistências, retornar as etapas sempre que houver necessidade, visando melhorar o processo de decisão e constituindo um modelo iterativo (de Almeida, 2013). O fluxograma apresentado na Figura 4.3, mostra a sequência das fases e etapas deste segundo modelo.

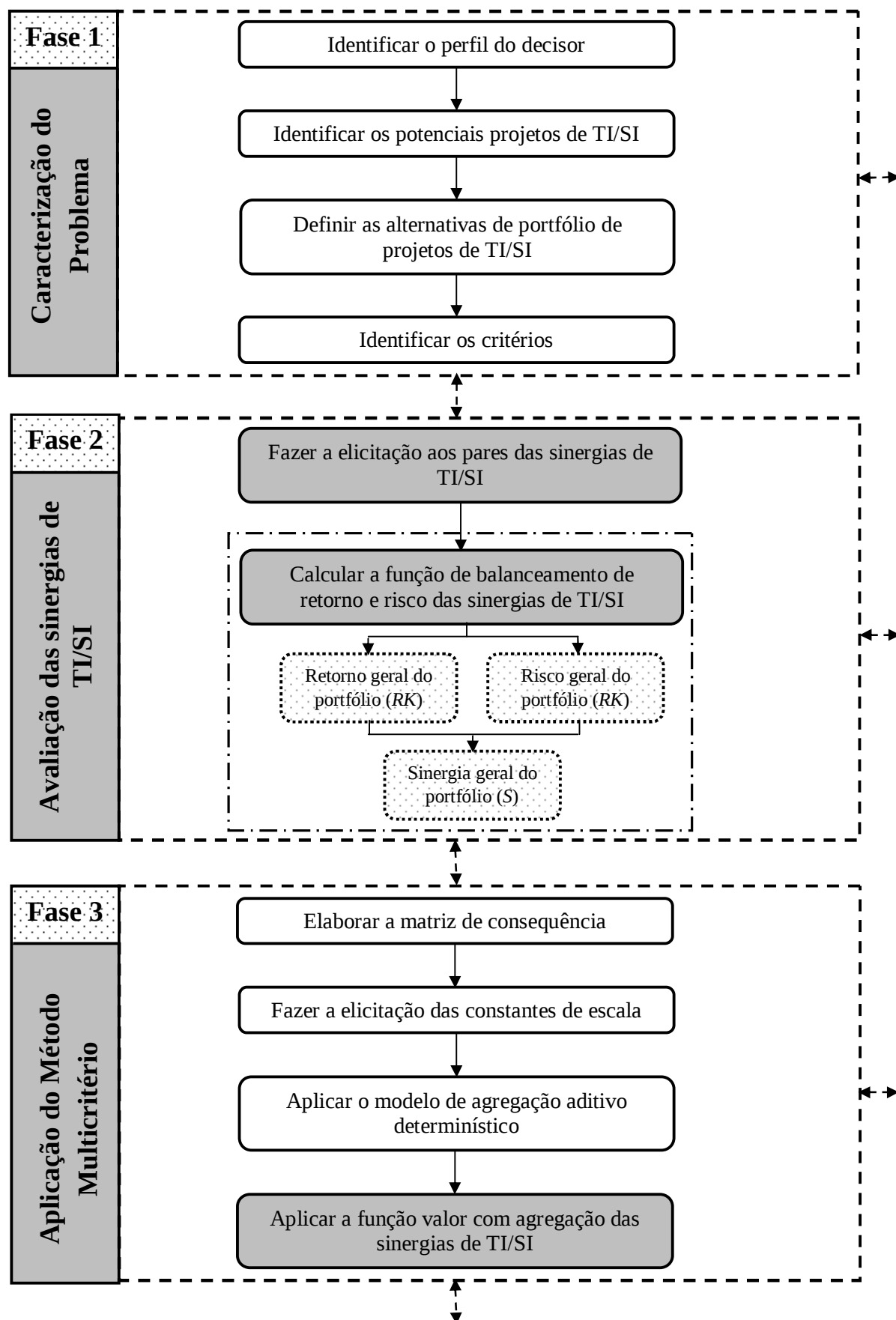


Figura 4.3 Fluxograma das fases e etapas para a aplicação do segundo modelo

Fonte: Esta pesquisa (2016)

Nas próximas seções serão definidas de forma detalhada as fases e etapas que norteiam este segundo modelo proposto.

#### 4.3.1 Caracterização do Problema

Este modelo tem a fase 1, Caracterização do Problema, semelhante ao modelo anterior, uma vez que representam dados chaves para a estruturação do problema de decisão multicritério em questão, sendo semelhante no que diz respeito as etapas de identificação do perfil do decisor, identificação dos potenciais projetos de TI/SI e identificação dos critérios. A diferença estará apenas na etapa 3, que consiste em definir as alternativas de portfólio de projetos de TI/SI, visto que neste modelo o objetivo será selecionar portfólios e não projetos para a formação de um portfólio ideal, como ocorre no primeiro modelo. Assim, faz-se essencial construir, previamente, os portfólios a serem analisados, essa etapa 3 será descrita a seguir.

##### *ñ Definir as alternativas de portfólio de projetos de TI/SI*

Nesta etapa serão construídos os portfólios com os projetos de TI/SI selecionados na etapa de identificação dos potenciais projetos. Desta forma, o decisor deverá ser capaz de definir os portfólios buscando o alinhamento estratégico entre a TI/SI e os processos do negócio, bem como considerando os recursos disponíveis na organização e assumindo as responsabilidades pelas decisões tomadas.

Segundo Roy (1996), as alternativas constituem uma das possibilidades de escolhas do decisor, assim, os portfólios de projetos de TI/SI construídos serão identificados como sendo as alternativas a serem avaliadas pela modelagem de AMD, levando em consideração as sinergias entre os projetos.

É importante ressaltar que os portfólios construídos não necessariamente precisarão ter um número fixo de projetos, no entanto, na medida em que se aumenta o número de projetos no portfólio serão requeridas mais informações a respeito das sinergias de TI/SI, na Fase 2 será abordada essa questão com maiores detalhes.

Após a obtenção dos dados da fase 1, a seguir será apresentado o processo para a avaliação das sinergias de TI/SI neste modelo.

#### 4.3.2 Avaliação das sinergias de TI/SI

Nesta fase 2, os três tipos de sinergias de TI/SI entre os diferentes projetos deverão ser avaliados. Para isso, será necessário realizar um procedimento de elicitação dessas sinergias. Por conseguinte, os diferentes tipos de sinergia serão avaliados de forma mais quantitativa através de uma função de balanceamento de retorno e risco das sinergias de TI/SI, adaptada de Cho *et al.* (2013), que torna-se relevante por possibilitar a agregação de valores específicos em relação as sinergias no setor de TI/SI, visto que as características da metodologia possibilita essa agregação das sinergias de TI/SI na função valor global. A seguir serão descritas as etapas que norteiam a construção da fase em questão.

##### *5.1 Fazer a elicitação aos pares das sinergias de TI/SI*

Para ser possível o procedimento de elicitação das sinergias de TI/SI de forma a evitar erros na avaliação, inicialmente deverá ser realizada uma reunião de esclarecimento com as informações necessárias à compreensão sobre os conceitos e as diferenças em torno dos três tipos de sinergia. Na reunião, o analista poderá passar tais informações com o intuito de esclarecer todas as dúvidas relativas às sinergias de TI/SI estudadas. Todos os envolvidos no processo de decisão da problemática em questão deverão participar dessa reunião, em especial, o decisor e/ou o especialista.

Tendo como base os portfólios construídos na primeira fase do modelo, deverá ser feita a avaliação das sinergias de TI/SI através do procedimento de elicitação sobre cada tipo de sinergia no portfólio.

Assumindo que o portfólio pode ser formado por  $n$  projetos, para tornar o procedimento de elicitação mais sucinto, assim como, atender as particularidades presentes nos três tipos de sinergias, neste modelo, inicialmente, será utilizado o procedimento de elicitação da sinergia aos pares, proposto por Duarte (2011). Na elicitação aos pares, as sinergias presente no portfólio podem ser fragmentadas em parcelas menores através da combinação par a par dos projetos, assim, os valores correspondentes às sinergias são mensurados sobre cada par de projetos no portfólio (Duarte, 2011). No modelo proposto, assume-se que o nível de sinergia do Tipo 1 ( $\bullet$ ), do Tipo 2 ( $\mathbf{\hat{U}}$ ) e do Tipo 3 ( $\mathbf{\hat{u}}$ ) entre os pares de projetos de TI/SI poderá ser estimado pelo decisor e/ou especialista da organização.

Para fragmentar a sinergia existente no portfólio será necessário considerar todas as possíveis interações sinérgicas entre os projetos. Por exemplo, para um portfólio formado por três projetos (A, B e C), a avaliação da sinergia é composta pelas parcelas relativas à interação

(A+B), (A+C) e (B+C) e ainda a uma parcela relativa á interação conjunta dos projetos (A+B+C). No entanto, essa parcela adicional de sinergia entre três ou mais projetos no portfólio são relativamente pequenos, podendo ser desconsideradas sem perdas significativas no modelo de avaliação de sinergias (Dickinson *et al.*, 2000; Lee & Kim, 2001; Duarte, 2011).

De forma geral, à medida que aumenta o número de projetos em um portfólio, em que deseja-se avaliar a sinergia, existe uma diminuição no valor atribuído à sinergia entre os projetos, sendo assim, a sinergia adicional de múltiplos projetos tenderá a valores próximos a zero (0) e isso permite a simplificação da medida de avaliação das sinergias entre pares de projetos (Duarte, 2011). A simplificação para um portfólio construído com três projetos é ilustrada na Figura 4.4.

$$S_{ABC} = S_{A+B} + S_{B+C} + S_{C+A} + S_{A+B+C}^{(0)}$$

Figura 4.4 ñ Elicitação de sinergias aos pares para três projetos

Fonte: Adaptação de Duarte (2011)

Na avaliação das sinergias de TI/SI, a ordem dos projetos no subconjunto é relevante, e, portanto, a combinação inversa dos mesmos projetos deverá ser analisada, pois poderão assumir valores diferentes, no tocante à sinergia de TI/SI do Tipo 2, na qual a sinergia estará presente em apenas um via entre o par de projetos, por exemplo, na parcela relativa á interação (A+B) deve ser avaliada as contribuições de A para B e de B para A. Logo, no portfólio formado por três projetos (A, B e C) a avaliação da sinergia fragmentada necessita dos seguintes subconjuntos em pares: (A+B), (A+C), (B+C), (B+A), (C+A) e (C+B), conforme Figura 4.5. Assim, o processo de elicitação das sinergias de TI/SI assumirá a forma de um circuito com duas vias para análise, como pode ser visualizado na Figura 4.6.

$$S_{ABC} = S_{A+B} + S_{B+C} + S_{C+A} + S_{A+C} + S_{C+B} + S_{B+A}$$

Figura 4.5 ñ Elicitação simplificada das sinergias de TI/SI aos pares entre três projetos

Fonte: Esta Pesquisa (2016)

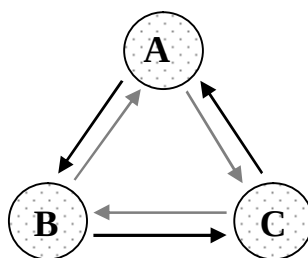


Figura 4.6 **■** Circuito de elicitação das sinergias de TI/SI aos pares entre três projetos

Fonte: Esta Pesquisa (2016)

Para a avaliação dos diferentes tipos de sinergias será utilizado uma escala, que terão valores entre  $-1$  e  $1$ . Com isso, é assumido um conceito mais amplo dos tipos de sinergias entre os projetos de TI/SI no portfólio, podendo ter valores tanto negativos como positivos (Jadda & Janati Idrissi, 2015). Sendo assim, a escala permitirá a análise dos diferentes efeitos de sinergia: positivo, negativo ou neutro. Vale ressaltar que no caso de sinergias excludentes (Tipo 2 e Tipo 3) deve ser atribuído o valor  $0$  (zero). Na Tabela 4.12 são apresentados os intervalos na escala numérica para cada efeito de sinergia.

Tabela 4.12 **■** Efeitos de sinergia na escala numérica de avaliação

| Efeito de Sinergia              | Intervalo na Escala Numérica |
|---------------------------------|------------------------------|
| Sinergia Positiva               | $0 < s \leq 1$               |
| Sinergia Negativa               | $-1 \leq s < 0$              |
| Sinergia Neutra<br>(Assinergia) | Igual a $0$                  |

**Legenda:**  $s$  = Nível de sinergia

Fonte: Esta pesquisa (2016)

É importante destacar que neste modelo o procedimento de elicitação da sinergia aos pares fornecerá as informações iniciais acerca das sinergias de TI/SI, no entanto, a agregação das sinergias não será feita pelo somatório como proposto por Duarte (2011), mas sim, pela função de balanceamento entre os retornos e riscos no portfólio proposta por Cho *et al.* (2013), como apresentada na etapa posterior.

#### **■** Calcular a função de balanceamento de retorno e risco das sinergias de TI/SI

Após essa primeira análise em torno das sinergias de TI/SI nos portfólios serão obtidos os valores referente ao nível de sinergia do Tipo 1 ( $\bullet$ ), do Tipo 2 ( $\circ$ ) e do Tipo 3 ( $\circ$ ) para cada par de projetos analisado, os quais serão agrupados através da função de balanceamento de

retorno e risco. Desta forma, será necessário determinar e calcular os parâmetros dos projetos ( $x_i$ ,  $r_i$ ,  $\tilde{u}_i$  e  $\mathbf{f}_{ij}$ ) para alcançar os resultados em relação ao retorno e risco geral dos portfólios, calculados conforme a Teoria Moderna do Portfólio de Markowitz (1952), para maiores detalhes sobre os parâmetros dos projetos, consultar Markowitz (1952).

O retorno geral do portfólio será determinado pelo retorno individual de investimento em TI/SI dos projetos juntamente com os valores dos três tipos sinergias (Cho & Shaw, 2009). Portanto, segundo Cho *et al.* (2013), os valores do retorno geral ( $RT$ ) do portfólio podem ser calculados através da Equação (4.5).

$$RT = \sum_{i=1}^m r_i x_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j>i}^m \bullet_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^m \sum_{j>i}^m \alpha_{ij} (r_i x_i) x_j + \sum_{i=1}^m \sum_{j>i}^m (\delta_{ij} r_i + \delta_{ji} r_j) x_i x_j \quad (4.5)$$

Onde:

- $x_i$ ,  $x_j$  é a proporção de investimento em TI/SI do projeto individual, sobre o investimento total;
- $r_i$ ,  $r_j$  é o retorno esperado sobre investimento do projeto individual quando os projetos de TI/SI são avaliados sem qualquer sinergia;
- $\bullet_{ij}$  é o parâmetro que se refere ao nível em que os recursos de TI/SI são compartilhados entre os projetos  $i$  e  $j$  no portfólio ( $\bullet_{ij} = \bullet_{ji}$ );
- $\tilde{u}_j$  é o aumento marginal (ou redução) do retorno sobre investimento (ROI) do projeto  $j$  sobre o aumento marginal (ou redução) do valor do projeto  $i$  ( $\tilde{u}_i \tilde{u}_j$ );
- $\hat{u}_j$  é o percentual máximo de valor adicionado quando os projetos  $i$  e  $j$  são selecionados através da soma dos retornos de recursos de TI/SI ( $\hat{u}_j = \hat{u}_{ji}$ ).

Já o risco do portfólio é definido em termos da variância do retorno do portfólio, que representa a definição de risco com mais fortes fundamentos matemáticos (Markowitz, 1952). Porém, para identificar o risco geral ( $RK$ ) em cada portfólio, é necessário perceber que esses valores estarão relacionados com a compreensão sobre cada tipo de sinergia avaliada.

A presença da sinergia de TI/SI de custo sub-aditivo (Tipo 1) não afeta em nenhum momento o risco do portfólio, uma vez que está relacionada as entradas do portfólio e, assim, não está associado a incerteza e, portanto, sua variância é zero (0) (Ramos *et al.*, 2016). Sendo assim, o risco do portfólio que tem só a sinergia de TI/SI do Tipo 1 será o mesmo que o risco do portfólio sem qualquer sinergia (Cho *et al.*, 2013), conforme expresso na Equação (4.6).

$$RK = \left[ \sum_{i=1}^m \sum_{j>i}^m (\tilde{u}_i^2 x_i^2 + \tilde{u}_j^2 x_j^2) + 2\tilde{u}_i \tilde{u}_j \mathbf{f}_{ij} x_i x_j \right]^{1/2} \quad (4.6)$$

Onde:

- $\tilde{u}_i$ ,  $\tilde{u}_j$  é o desvio-padrão do ROI do projeto individual;

$\rho_{ij}$  é a correlação entre os ROI's dos projetos  $i$  e  $j$ .

No tocante aos pares de projetos de TI/SI que existe a sinergia de TI/SI do Tipo 2 ou do Tipo 3, o risco geral do portfólio será exposto pelo tipo de sinergia percebida, uma vez que são mutuamente excludentes (Cho & Shaw, 2009). Além disso, mesmo que a sinergia de TI/SI do Tipo 1 também seja identificada junto a alguma dessas sinergias referidas anteriormente, o risco do portfólio será calculado considerando a equação  $RK$  que atende a esse outro tipo de sinergia presente, ou seja, a sinergia de TI/SI do Tipo 2 ou do Tipo 3.

Na sinergia de TI/SI de valor super-aditivo de uma via (Tipo 2) é necessário perceber que, por estar relacionada a apenas uma via nas combinações par a par de projetos no portfólio, o risco do portfólio fornece valores diferentes a combinação dos mesmos projetos no portfólio. Desta forma, para facilitar o processo de avaliação, o risco do portfólio será calculado em torno da via que apresentam a sinergia de TI/SI do Tipo 2. Com isso, conforme Cho *et al.* (2013), para identificar os valores do risco geral do portfólio com apenas sinergia do Tipo 2 ou sinergia do Tipo 1 e Tipo 2, usa-se a Equação (4.7):

$$RK = \left[ \sum_{i=1}^m \sum_{j>i}^m \tilde{\mathbf{u}}_i^2 x_i^2 (1 + \alpha_{ij} x_j)^2 + \tilde{\mathbf{u}}_j^2 x_j^2 + 2\tilde{\mathbf{u}}_i \tilde{\mathbf{u}}_j x_i x_j (1 + \alpha_{ij} x_j) \right]^{1/2} \quad (4.7)$$

Em relação a sinergia de TI/SI de valor super-aditivo de duas vias (Tipo 3), percebe-se que o cálculo do risco irá contribuir da mesma maneira nas combinações projetos de TI/SI que apresentarem os mesmos projetos, visto que os valores da sinergia estarão nas duas vias. Então, quando existir apenas sinergia do Tipo 3 ou sinergia do Tipo 1 e Tipo 3, simultaneamente, o risco geral do portfólio para os projetos será de acordo com a Equação (4.8), a seguir (Cho *et al.*, 2013):

$$RK = \left[ \sum_{i=1}^m \sum_{j>i}^m \tilde{\mathbf{u}}_i^2 x_i^2 (1 + \delta_{ij} x_j)^2 + \tilde{\mathbf{u}}_j^2 x_j^2 (1 + \delta_{ji} x_i)^2 + 2\tilde{\mathbf{u}}_i \tilde{\mathbf{u}}_j \rho_{ij} x_i x_j (1 + \delta_{ij} x_j)(1 + \delta_{ji} x_i) \right]^{1/2} \quad (4.8)$$

É necessário perceber que os cálculos do risco geral de cada portfólio serão formados pelo somatório dos riscos de cada combinação de projetos de TI/SI que compõe o portfólio. Neste caso, vale ressaltar que pelo fato de os portfólios serem analisados inicialmente pela elicitación das sinergias aos pares, é possível que exista no mesmo portfólio a sinergia do Tipo 2 e do Tipo 3 em subconjuntos de projetos distintos. Isso ocorre quando a sinergia do Tipo 2 está presente em um par de projetos e a sinergia do Tipo 3 em outra combinação de projetos.

Por fim, tendo como base a elicitação dos três tipos de sinergias, o retorno geral e o risco geral do portfólio, a sinergia de TI/SI geral ( $S$ ) presente em cada portfólio de projetos será agrupada por uma função com a combinação de retorno e risco adaptada do modelo proposto por Cho & Shaw (2009), apresentada na Equação (4.9) a seguir.

$$S = RT + L(RK_0 - RK) \quad (4.9)$$

Onde:

$L$  é o parâmetro que representam o peso ligado ao risco do portfólio em relação ao retorno do portfólio;

$RK_0$  é o nível máximo de risco do portfólio que a organização tem tolerância.

Após avaliar e calcular a sinergia de TI/SI geral dos portfólios de projetos TI/SI, será aplicado o método multicritério usando o procedimento de agregação aditivo, como descrito a seguir.

#### 4.3.3 Aplicação do Método Multicritério

Nesta fase do modelo, será aplicado o método multicritério de agregação aditivo, conhecido como modelo aditivo determinístico. Primeiramente, será realizada a avaliação da matriz de decisão e, por conseguinte, o procedimento para a elicitação das constantes de escala proposto por Keeney & Raiffa (1996). Ainda com base nos valores de  $v_y(a)$  e das constantes de escala para os critérios, torna-se possível calcular a função valor global para cada alternativa. Em seguida, será calculada a função valor aditiva com a agregação das sinergias de TI/SI, com intuito de selecionar o portfólio que tenha o maior valor global. A seguir, será descrita cada uma dessas etapas.

##### **ñ** *Elaborar a matriz de consequência*

Baseado nas informações levantadas na fase anterior, no tocante as alternativas de portfólios de projetos de TI/SI determinadas e os critérios identificados, será elaborada a matriz de consequência, ou seja, a avaliação intracritério, de forma a obter as funções valor  $v_y(a)$  para cada critério  $y$ .

Após a construção da matriz, deverá ser realizado o procedimento de normalização para os critérios, ou seja, a transformação de escala (Brito & Ferreira, 2014). Segundo Brito & Ferreira (2014), pelo fato de o modelo aditivo se tratar de função valor linear, deverá ser utilizada a normalização intracritério linear, conforme procedimentos 1 descritos por de

Almeida (2013), no qual obtém-se os valores de  $v'_y(a)$  em um intervalo entre 0 e 1, através da aplicação da expressão a seguir:

$$v'_y(a) = \frac{[v_y(a) - \text{Min } v_y(a)]}{[\text{Max } v_y(a) - \text{Min } v_y(a)]} \quad (4.10)$$

#### ñ Fazer a elicitación das constantes de escala

O processo de estabelecimento das constantes de escala consiste em um fator relevante para a aplicação do modelo aditivo de forma a trazer consistência às recomendações feita pelo método, porque as constantes de escalas não remetem apenas ao grau de importância dos critérios como ocorre com a atribuição dos pesos nos métodos de sobreclassificação, mas, também os *trade-offs* entre os critérios. Com isso, para a identificação das constantes de escalas neste modelo, será utilizado o procedimento tradicional de elicitación baseado em *trade-off*, posposto por Keeney & Raiffa (1976).

#### ñ Aplicar o modelo de agregação aditivo determinístico

Para obter os resultados de recomendação do método de agregação aditivo, a avaliação das alternativas é realizada por meio das consequências, considerando que existe para cada alternativa um vetor de consequência  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$  (de Almeida, 2013). Desta maneira, a função valor global (Equação 2.11) será representada conforme a Equação (4.11) a seguir:

$$v(w) = \sum_{y=1}^n k_y v_y(w_y) \quad (4.11)$$

Onde:

$w_y$  é a consequência relativa ao critério  $y$ .

#### ñ Aplicar a função valor com agregação das sinergias de TI/SI

Nesta etapa será combinada a avaliação das sinergias de TI/SI e os resultados das funções valor global de cada portfólio de projetos, isso, com uso da função  $v(p)$  na Equação (4.12), que corresponde uma adaptação da função proposta em de Almeida & Duarte (2011), conforme Ramos *et al.*, (2016):

$$v(p) = \left( \sum_{y=1}^n k_y v_y(w_y) \right) + v(w)S \quad (4.12)$$

A Equação (4.12) é dividida em duas parcelas: a primeira diz respeito à função valor global do método de agregação aditivo; já a segunda provém uma combinação entre essa função e a medida de avaliação geral das sinergias de TI/SI no portfólio. Portanto, com a intenção de considerar as sinergias de TI/SI nos portfólios, deve-se escolher a alternativa que tenha o maior valor global  $v(p)$ .

Na próxima seção será apresentada uma aplicação numérica deste segundo modelo proposto, ilustrando sua aplicabilidade em um problema de seleção de portfólios de projetos de TI/SI predeterminados pela organização.

#### 4.3.4 Aplicação Numérica do Modelo

Para esclarecer e demonstrar o modelo proposto foi realizada uma simulação numérica a partir de um cenário fictício, porém, seguindo uma lógica realista. Assim, para aproximar a aplicação em uma situação real, os projetos selecionados e os critérios utilizados na aplicação do método multicritério foram identificados na literatura sobre o problema de portfólio de projetos de TI/SI. Além disso, os dados para a avaliação das sinergias de TI/SI e para a construção da matriz de consequência foram obtidos com o auxílio de um especialista que tem conhecimento sobre o setor de tecnologia e sistemas de informação.

Suponha que uma organização deseje tomar decisões mais precisas sobre os portfólios de projetos de TI/SI de forma a maximizar os retornos e minimizar os riscos sobre os investimentos em TI/SI e, assim, a empresa percebeu a importância de selecionar os portfólios de projetos de forma a escolher aquele que apresenta os melhores resultados perante os objetivos organizacionais. Neste cenário, considera-se a presença de um único decisor, o qual apresenta uma racionalidade compensatória entre os critérios, uma vez que na avaliação dos portfólios o desempenho muito alto em um critério compensa um desempenho baixo em outro.

Os potenciais projetos de TI/SI considerado nesta aplicação numérica foram cinco projetos, os quais são baseados no estudo de caso de Nanes (2014), apresentado anteriormente no Quadro 4.1, visto que são projetos de TI/SI reais de uma organização. Em seguida, depois da consideração dos cinco projetos, foram predeterminados os portfólios que representam as alternativas a serem analisadas. Desta forma, o decisor construiu cinco alternativas de portfólios de projetos de TI/SI, na qual cada uma foi composta por três projetos distintos, devidos às limitações de recursos financeiros da organização, que não possibilitada ter portfólios com mais de três projetos. Além disso, o projeto P2 (Atualização do servidor) foi

considerado como de extrema importância para o contexto do problema, sendo assim, o projeto P2 foi incluso em todos os portfólios definidos nessa etapa. Na Tabela 4.13 são apresentadas as alternativas de portfólios de projetos de TI/SI.

Tabela 4.13 Alternativas de portfólios de projetos de TI/SI

| Portfólio de Projetos de TI/SI | Siglas |
|--------------------------------|--------|
| P1+P2+P3                       | A1     |
| P1+P2+P4                       | A2     |
| P1+P2+P5                       | A3     |
| P2+P3+P4                       | A4     |
| P2+P4+P5                       | A5     |

Fonte: Esta pesquisa (2016)

Para a identificação dos critérios foram considerados os fatores que mais impactam no problema de seleção de portfólio de projetos de TI/SI com base na literatura. Assim, foram identificados quatro critérios para a avaliação das alternativas, conforme apresentado no Quadro 4.3.

Quadro 4.3 Critérios levantados

| Critérios              | Descrição                                                                                                              | Siglas | Unidade de medida            | Referências                                                                                               |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Custo                  | Corresponde ao valor em reais para a implementação do portfólio de projetos.                                           | C1     | Monetário (R\$)              | Lee & Kim (2001); Almeida <i>et al.</i> (2014); Jadda & Janati Idrissi (2015); Ramos <i>et al.</i> (2016) |
| Tempo de Implementação | Representa o tempo para implementação de determinada alternativa de portfólio.                                         | C2     | Dias                         | Lee & Kim (2001); Ramos <i>et al.</i> (2016)                                                              |
| Eficiência             | Trata o grau de eficiência no processamento de informação percebido entre os projetos em cada alternativa de portfólio | C3     | Escala de Likert de 5 pontos | Lee & Kim (2001); Jadda & Janati Idrissi (2015)                                                           |
| Impacto Estratégico    | Apresenta a percepção do quanto impactante é o portfólio para a estratégia da organização.                             | C4     | Escala de Likert de 5 pontos | Gleisberg <i>et al.</i> (2008) ; Ramos <i>et al.</i> (2016)                                               |

Fonte: Esta pesquisa (2016)

Os critérios de julgamento subjetivo, ou seja, os critérios C3 (Eficiência) e C4 (Impacto Estratégico) de escala de Likert de cinco pontos foram convertidos em escala numérica, de acordo com a Tabela 4.14.

Tabela 4.14  $\rightarrow$  Conversão da escala de Likert dos critérios C3 e C4

| Escala Numérica | Critério C3          | Critério C4              |
|-----------------|----------------------|--------------------------|
| 1               | Nenhuma eficiência   | Nada impactante          |
| 2               | Baixa eficiência     | Pouco impactante         |
| 3               | Média eficiência     | Indiferente              |
| 4               | Alta eficiência      | Relativamente impactante |
| 5               | Altíssima eficiência | Muito impactante         |

Fonte: Esta pesquisa (2016)

No que tange à avaliação das sinergias de TI/SI foram considerando os três tipos de sinergias: sinergia de TI de custo sub-aditivo (Tipo 1), sinergia de TI de valor super-aditivo de uma via (Tipo 2) e sinergia de TI de valor super-aditivo de duas vias (Tipo 3). Para iniciar a elicitação das sinergias de TI/SI, ou seja, determinar os valores de  $\beta_{ij}$ ,  $\alpha_{ij}$  e  $\delta_{ij}$ , foi aplicado o procedimento de elicitação aos pares de projetos em cada portfólio, isso, através da avaliação do nível de sinergia que o projeto  $i$  tem em relação ao projeto  $j$  em cada combinação de projetos presentes no portfólio.

Vale ressaltar que as avaliações das sinergias foram feitas levando em consideração as duas vias entre cada par de projetos analisado, visto a necessidade de tal informação para os cálculos do retorno e risco geral do portfólio. Na Tabela 4.15 são apresentados os dados sobre a elicitação das sinergias aos pares de projetos de forma simplificada.

Tabela 4.15  $\rightarrow$  Avaliação dos três tipos de sinergias aos pares

| Sinergias                                     | Projetos de TI/SI |                   |                   |                   |                   |
|-----------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                               | P1                | P2                | P3                | P4                | P5                |
| Sinergia de TI/SI do Tipo 1 ( $\beta_{ij}$ )  | $\beta_{12}=0,3$  | $\beta_{21}=0,3$  | $\beta_{31}=0,5$  | $\beta_{41}=0,2$  | $\beta_{51}=0,7$  |
|                                               | $\beta_{13}=0,5$  | $\beta_{23}=0,3$  | $\beta_{32}=0,3$  | $\beta_{42}=0,2$  | $\beta_{52}=0,7$  |
|                                               | $\beta_{14}=0,2$  | $\beta_{24}=0,2$  | $\beta_{34}=0,4$  | $\beta_{43}=0,4$  | $\beta_{53}=0,7$  |
|                                               | $\beta_{15}=0,7$  | $\beta_{25}=0,7$  | $\beta_{35}=0,7$  | $\beta_{45}=0,3$  | $\beta_{54}=0,3$  |
| Sinergia de TI/SI do Tipo 2 ( $\alpha_{ij}$ ) | $\alpha_{12}=0,6$ | $\alpha_{21}=0$   | $\alpha_{31}=0$   | $\alpha_{41}=0$   | $\alpha_{51}=0$   |
|                                               | $\alpha_{13}=0$   | $\alpha_{23}=0$   | $\alpha_{32}=0$   | $\alpha_{42}=0$   | $\alpha_{52}=0$   |
|                                               | $\alpha_{14}=0$   | $\alpha_{24}=0$   | $\alpha_{34}=0$   | $\alpha_{43}=0$   | $\alpha_{53}=0$   |
|                                               | $\alpha_{15}=0$   | $\alpha_{25}=0$   | $\alpha_{35}=0$   | $\alpha_{45}=0$   | $\alpha_{54}=0$   |
| Sinergia de TI/SI do Tipo 3 ( $\delta_{ij}$ ) | $\delta_{12}=0$   | $\delta_{21}=0$   | $\delta_{31}=0,7$ | $\delta_{41}=0,4$ | $\delta_{51}=0,7$ |
|                                               | $\delta_{13}=0,7$ | $\delta_{23}=0,5$ | $\delta_{32}=0,5$ | $\delta_{42}=0,4$ | $\delta_{52}=0,4$ |
|                                               | $\delta_{14}=0,4$ | $\delta_{24}=0,4$ | $\delta_{34}=0$   | $\delta_{43}=0$   | $\delta_{53}=0,7$ |
|                                               | $\delta_{15}=0,7$ | $\delta_{25}=0,4$ | $\delta_{35}=0,7$ | $\delta_{45}=0,4$ | $\delta_{54}=0,4$ |

Fonte: Esta pesquisa (2016)

Conforme os dados da Tabela 4.15, é perceptível que todas as combinações de projetos de TI/SI contêm algum nível de sinergia, ao menos em um dos três tipos. Bem como, entre as sinergias de TI/SI do Tipo 2 e do Tipo 3, que são mutuamente excludentes, as alternativas são classificadas, em maioria, como do Tipo 3, que representa o benefício recíproco entre os projetos no portfólio. Além disso, apenas a sinergia do Tipo 1 apresentou sinergia negativa em dois pares de projetos.

A partir da identificação de cada sinergia aos pares de projetos, podem-se iniciar a próxima etapa que diz respeito ao cálculo da função de balanceamento de retorno e risco das sinergias de TI/SI. Para isso ser possível, primeiramente, foi identificado os parâmetros para calcular o retorno geral ( $RT$ ) e o risco geral ( $RK$ ) de cada portfólio predeterminado.

Inicialmente, o decisor avaliou as porcentagens dos investimentos em TI/SI em cada projeto individual ( $x_i$ ) em relação ao valor de cada alternativa de portfólio, de forma ao somatório ser igual a 1, conforme visualizado na Tabela 4.16. E ainda, foram levantadas as informações base para calcular os demais parâmetros sob os projetos de TI/SI, ou seja, a taxa esperada do retorno sobre o investimento ( $r_i$ ), o desvio-padrão do ROI do projeto individual ( $\tilde{u}_i$ ) e a correlação entre os ROI's dos projetos  $i$  e  $j$  ( $\xi_{ij}$ ), que foram calculados com base na teoria do portfólio de Markowitz (1952), dados apresentados na Tabela 4.17.

Tabela 4.16  $\tilde{n}$  Proporção de investimento em TI/SI dos projetos no portfólio

| Portfólios    | Proporção de investimento em TI/SI (%) |       |       |       |       |
|---------------|----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|               | P1                                     | P2    | P3    | P4    | P5    |
| A1 (P1+P2+P3) | 0,303                                  | 0,273 | 0,424 | 0     | 0     |
| A2 (P1+P2+P4) | 0,286                                  | 0,257 | 0     | 0,457 | 0     |
| A3 (P1+P2+P5) | 0,345                                  | 0,310 | 0     | 0     | 0,345 |
| A4 (P2+P3+P4) | 0                                      | 0,231 | 0,359 | 0,410 | 0     |
| A5 (P2+P4+P5) | 0                                      | 0,257 | 0     | 0,457 | 0,286 |

Fonte: Esta pesquisa (2016)

Tabela 4.17  $\tilde{n}$  Parâmetros dos projetos

| Parâmetros                        | Projetos de TI/SI |                 |                 |                 |                 |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                   | P1                | P2              | P3              | P4              | P5              |
| Retorno do investimento ( $r_i$ ) | 2                 | 2,2             | 3,5             | 1,8             | 3               |
| Desvio padrão ( $\tilde{u}_i$ )   | 0,71              | 1,16            | 1,27            | 0,76            | 0,74            |
| Correlação ( $\xi_{ij}$ )         | $\xi_{12}=0,85$   | $\xi_{21}=0,85$ | $\xi_{31}=0,63$ | $\xi_{41}=0,96$ | $\xi_{51}=0,98$ |
|                                   | $\xi_{13}=0,63$   | $\xi_{23}=0,94$ | $\xi_{32}=0,94$ | $\xi_{42}=0,96$ | $\xi_{52}=0,93$ |
|                                   | $\xi_{14}=0,96$   | $\xi_{24}=0,96$ | $\xi_{34}=0,82$ | $\xi_{43}=0,82$ | $\xi_{53}=0,77$ |
|                                   | $\xi_{15}=0,98$   | $\xi_{25}=0,93$ | $\xi_{35}=0,77$ | $\xi_{45}=0,99$ | $\xi_{54}=0,99$ |
|                                   |                   |                 |                 |                 |                 |

Fonte: Esta pesquisa (2016)

Para o cálculo do retorno geral do portfólio foi utilizada a Equação (4.5), que representa o somatório da contribuição percebida de retorno em cada combinação de projetos de TI/SI no portfólio. O cálculo do risco geral do portfólio foi efetuado através das Equações (4.6), (4.7) e (4.8), dependendo do tipo de sinergia atribuído na elicitação das sinergias aos pares. Assim, o risco geral de cada portfólio foi obtido através do somatório dos riscos dos pares de projetos que compõe o portfólio.

Tendo como base os valores do retorno geral e risco geral do portfólio, o parâmetro  $L$  que remete a um peso sobre os riscos no portfólio, que nesta aplicação é 0,3, bem como, o nível máximo de risco no portfólio que a organização tem tolerância ( $RK_0$ ), baseado na percepção em torno do retorno esperado pela organização sobre o investimento em cada portfólio, disponível na Tabela 4.18. Foi aplicada a Equação (4.9), obtendo-se assim, o balanceamento do retorno e do risco dos portfólios com as sinergias de TI/SI. Na Tabela 4.19 são apresentados os valores da sinergia geral ( $S$ ).

*Tabela 4.18 ñ Risco máximo ( $RK_0$ )*

| Portfólios | $RK_0$ |
|------------|--------|
| A1         | 3,3    |
| A2         | 2      |
| A3         | 2,9    |
| A4         | 2,5    |
| A5         | 2,3    |

*Fonte: Esta pesquisa (2016)*

*Tabela 4.19 ñ Sinergia geral ( $S$ )*

| Portfólios | $S$  |
|------------|------|
| A1         | 4,01 |
| A2         | 2,43 |
| A3         | 3,65 |
| A4         | 3,09 |
| A5         | 3,02 |

*Fonte: Esta pesquisa (2016)*

Para a aplicação do modelo de agregação aditivo, inicialmente, foi elaborada a matriz de consequência de acordo com a preferência do decisor, na qual foi avaliada cada alternativa de portfólios de projetos de TI/SI predeterminado em relação aos critérios levantados na fase 1. Ainda, torna-se necessário elicitar as constantes de escala, visto que a metodologia aplicada

corresponde a um método compensatório, tendo *trade-offs* entre os critérios. Na Tabela 4.20 é apresentada a matriz com os valores de cada alternativa, ou seja, os cinco portfólios de projetos de TI/SI nos respectivos critérios, bem como as respectivas constantes de escalas calculadas através do procedimento de elicitação baseado em *trade-off*, proposto por Keeney & Raiffa (1976).

Tabela 4.20  $\tilde{n}$  Matriz de consequência e constantes de escalas

| Portfólios | Critérios |           |             |             |
|------------|-----------|-----------|-------------|-------------|
|            | C1 (R\$)  | C2 (Dias) | C3 (Escala) | C4 (Escala) |
| $k_j$      | 0,35395   | 0,17797   | 0,24915     | 0,21893     |
| A1         | 16.500    | 60        | 4           | 2           |
| A2         | 17.500    | 30        | 3           | 1           |
| A3         | 14.500    | 55        | 2           | 2           |
| A4         | 19.500    | 50        | 5           | 2           |
| A5         | 17.500    | 45        | 3           | 3           |

Fonte: Esta pesquisa (2016)

Após o procedimento de normalização dos critérios, o modelo de agregação aditivo foi calculado apresentando os resultados da função valor global  $v(w)$  (Equação 4.11), conforme Tabela 4.21 a seguir.

Tabela 4.21  $\tilde{n}$  Resultados da função valor global  $v(w)$

| Portfólios | $v(w)$  |
|------------|---------|
| A1         | 0,46219 |
| A2         | 0,37833 |
| A3         | 0,47959 |
| A4         | 0,39421 |
| A5         | 0,47861 |

Fonte: Esta pesquisa (2016)

Aplicando a função valor global considerando as sinergias, proposta neste modelo, as soluções são apresentadas na Tabela 4.22. Esses resultados foram obtidos a partir da Equação (4.12), onde a função valor global  $v(w)$  é utilizada nas duas parcelas da equação, entretanto, na segunda parcela utiliza-se ainda os valores da sinergia geral do portfólio (S).

Tabela 4.22  $\tilde{n}$  Resultados da função valor global  $v(p)$ 

| Portfólios | $v(p)$  |
|------------|---------|
| A1         | 2,31424 |
| A2         | 1,29784 |
| A3         | 2,22942 |
| A4         | 1,61158 |
| A5         | 1,92327 |

Fonte: Esta pesquisa (2016)

Por fim, na Tabela 4.23 é mostrada uma ordem de escolha das alternativas de seleção dos portfólios de projetos de TI/SI, bem como realiza uma comparação dos resultados da função valor do modelo de agregação aditivo com os resultados da função valor considerando as sinergias entre os projetos de TI/SI. Observa-se que com a consideração sinérgica ocorreu alteração na posição das alternativas de portfólio.

Tabela 4.23  $\tilde{n}$  Comparação entre as ordens dos resultados finais

| Função valor global $v(w)$ | Função valor considerando as sinergias $v(p)$ |
|----------------------------|-----------------------------------------------|
| A3                         | A1                                            |
| A5                         | A3                                            |
| A1                         | A5                                            |
| A4                         | A4                                            |
| A2                         | A2                                            |

Fonte: Esta pesquisa (2016)

Ao comparar os dois resultados, percebe-se que as sinergias de fato têm um grande impacto na escolha do portfólio de projetos de TI/SI. Na função proposta  $v(p)$ , a alternativa A1, que na função valor global  $v(w)$  ocupava a terceira posição, apresenta-se como a melhor opção de escolha dos portfólios, visto que essa alternativa de portfólio obteve a melhor avaliação no cálculo da sinergia geral ( $S$ ). Além disso, observa-se que as três primeiras alternativas apresentam posição diferente, mostrando que a consideração das sinergias de TI/SI alterou a posição dessas alternativas em relação às preferências do decisor sobre os critérios na aplicação do modelo de agregação aditivo. Dessa forma, a escolha do decisor seria diferente caso o modelo proposto não houvesse quantificado as sinergias de TI/SI.

O tópico seguinte apresentará uma análise sobre os modelos propostos, bem como em torno dos resultados obtidos nas aplicações.

#### 4.4 Análise dos Modelos Propostos e dos Resultados Obtidos

Através das aplicações dos modelos propostos foi possível verificar a contribuição da avaliação de sinergias para a seleção de portfólio de projetos de TI/SI, utilizando metodologias de AMD. Dessa forma, foi possível a seleção de um portfólio que atende a estrutura de preferência do decisor, além de possibilitar retornos adicionais com a consideração das sinergias.

Na fase 1 de Caracterização de Problema, os modelos propostos apresentam algumas semelhanças, que consiste nas seguintes etapas: identificar o perfil do decisor, identificar os potenciais projetos de TI/SI e identificar os critérios. No entanto, ainda na fase 1, a etapa de identificação das alternativas aborda ideias diferentes em cada modelo. No primeiro modelo, as alternativas foram definidas a partir da combinação de projetos para possibilitar a avaliação de sinergias e facilitar o processo de aplicação do método de AMD na formação de um portfólio ideal para organização. Já no que diz respeito ao segundo modelo, as alternativas remetem aos conjuntos de portfólios formados previamente pela organização. As demais fases dos modelos também diferem entre si, pois avaliam as sinergias de forma particular e utilizam métodos multicritérios com abordagens diferenciadas.

No modelo multicritério baseado no PROMETHEE V, a sinergia geral foi considerada entre as combinações de projetos de TI/SI e seu impacto em relação a cada critério na avaliação da matriz de decisão. Assim, os efeitos da sinergia impactam na matriz de decisão e também nos resultados obtidos nos fluxos líquidos, etapa de aplicação do PROMETHEE II, que formaram a função objetivo no problema de otimização na segunda etapa do método PROMETHEE V.

No que diz respeito ao modelo multicritério baseado na função valor aditiva, a avaliação de sinergias engloba os três tipos de sinergias de TI/SI de forma mais quantitativa. Para isso, foi considerado o cálculo da função de balanceamento de retorno e risco das sinergias, possibilitando obter o resultado da sinergia geral que foi agregada a função valor do modelo de agregação aditivo através da função valor global proposta.

Vale ressaltar que, devido às características do método, no PROMETHEE V não é possível trabalhar com o cálculo da função de balanceamento de retorno e risco das sinergias de TI/SI, devido ao fato de não se poder agregar os valores na função objetivo no método.

De forma geral, o primeiro modelo apresenta uma nova abordagem do método PROMETHEE V, que atende a problemática de portfólio, possibilitando a avaliação dos efeitos da sinergia na avaliação intracritério. Já o segundo modelo aborda termos específicos

sobre as sinergias de TI/SI, englobando os cálculos sobre o retorno e o risco geral dos portfólios. Esse último é possível pelo fato do método de agregação aditivo apresentar características que possibilitam a agregação de outros fatores na função valor global.

Os resultados obtidos através das aplicações numéricas dos modelos propostos mostraram que a sinergia tem um impacto sobre os métodos de AMD em problema de seleção de portfólio de projetos de TI/SI. Ambos os modelos apresentaram contribuições à tomada de decisão quando avaliadas as sinergias entre os projetos de TI/SI no portfólio.

No último capítulo, deste trabalho, serão apresentadas as conclusões sobre esta pesquisa e as recomendações propostas para trabalhos futuros.

## 5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Na tomada de decisão sobre a gestão de portfólio de projetos de TI/SI, as sinergias vêm sendo consideradas um tema de interesse para as organizações e seus atores, visto que neste contexto as sinergias podem beneficiar os resultados atingidos pelo portfólio com o retorno adicional dos investimentos em TI/SI, através do trabalho conjunto dos projetos. No entanto, para obter os benefícios advindos das sinergias no problema de portfólio, torna-se relevante a utilização de mecanismos que possibilitem a avaliação de sinergias entre os projetos no portfólio para uma decisão mais eficaz.

Baseando-se nessas questões, o objetivo principal desta pesquisa é apresentar como a avaliação de sinergias entre os projetos de TI/SI e a utilização de abordagens de apoio multicritério a decisão pode contribuir para a seleção de portfólio de projetos de TI/SI.

Para o alcance dos objetivos desta pesquisa, foram propostos dois modelos baseados em métodos de AMD para a seleção de portfólio de projetos de TI/SI considerando a avaliação de sinergias entre os projetos no portfólio. Para a escolha dos métodos multicritério, além do contexto do problema, da problemática de referência e da estrutura de preferência do decisor, também foi levado em consideração à possibilidade de incorporar aos resultados gerados pelo método, a avaliação das sinergias entre os projetos de TI/SI.

No que tange ao modelo multicritério baseado no PROMETHEE V, foi considerado a avaliação dos efeitos da sinergia de forma geral entre as combinações de projetos de TI/SI através da avaliação intracritério, tendo como objetivo a formação de um portfólio ideal de projetos considerando as restrições impostas ao problema de decisão.

Já o modelo multicritério baseado na função valor aditiva foi aplicado ao problema de seleção de portfólios de projetos de TI/SI predeterminado pela organização, neste caso, a função valor proposta possibilitou adicionar o nível de sinergia referente aos projetos de TI/SI que constituem os portfólios. Além disso, os três tipos de sinergias conseguem oferecer uma contribuição quanto ao balanceamento dos retornos e riscos procedente dos projetos de TI/SI.

A partir da aplicação numérica dos dois modelos propostos, percebe-se que a consideração de sinergias para a seleção de portfólio traz alterações na solução recomendada quando comparado à utilização dos métodos multicritério sem a avaliação de sinergias. Portanto, de forma geral, os modelos propostos oferecem às organizações um mecanismo útil para o decisor perceber o ganho adicional ao se considerar as sinergias na avaliação entre projetos de TI/SI no problema de seleção dos portfólios de projetos.

Assim, os modelos propostos cumprem o objetivo geral da pesquisa, ao mostrar como a avaliação de sinergias e a utilização de abordagens de AMD podem contribuir positivamente nos resultados obtidos na seleção de portfólio de projetos de TI/SI.

Apesar do apresentado, a pesquisa desenvolvida tem limitação. Dada a complexidade dos cálculos do risco e retorno geral dos portfólios, para alcançar o resultado referente à sinergia geral, a pesquisa limita-se a uma procedimento mais manual para a obtenção dos resultados das equações, na fase 2 de avaliação das sinergias de TI/SI no segundo modelo, podendo ser um processo extenso dependendo do número de projetos em cada portfólio analisado.

Como sugestão para trabalho futuros, acredita-se que se pode adaptar o modelo multicritério baseado no PROMETHEE V para atender a problemas multicritério de seleção de portfólio de projetos dentro de outros contextos, visto que a sinergia é avaliada na sua forma geral, podendo ser considerada em outros setores como, por exemplo, P&D.

Sugere-se também a proposição de novos mecanismos para a avaliação das sinergias na tomada de decisão, visto os benefícios que a sinergia pode proporcionar com o retorno adicional sobre os investimentos em TI/SI. Como, por exemplo, apresentar formas coerentes de usar o procedimento de elicitação aos pares de sinergias no primeiro modelo proposto para, assim, englobar os três tipos de sinergias de TI/SI propostos por Cho & Shaw (2009).

Por fim, outros aspectos como: adaptação dos modelos para a decisão em grupo (de Almeida *et al.*, 2012); inclusão de novas restrições no modelo multicritério baseado no PROMETHEE V; e utilização de método de estruturação de problema, como o VFT (*Value Focused Thinking*) para enriquecer o processo de tomada de decisão, no qual pode identificar critérios antes não visualizados pelo decisor e/ou especialista (Keeney, 1992) e o SODA (*Strategic Options Development and Analysis*) para uma melhor identificação e aprendizagem do problema de seleção de portfólio (Éden & Ackermann, 2004). Esses aspectos podem ser considerados em aplicações e estudos futuros abordando os modelos propostos.

## REFERÊNCIAS

- ABBASSI, M.; ASHRA, M.; SHARI, E. Selecting balanced portfolios of R&D projects with interdependencies: a cross-entropy based methodology. *Technovation*, 34(1): 54-63, jan. 2014.
- AJJAN, H.; KUMAR, R. L.; SUBRAMANIAM, C. Understanding differences between adopters and nonadopters of information technology project portfolio management. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 12(6): 1151-1174, dez. 2013.
- ALBUQUERQUE, R. M.; COSTA, A. P. C. S. Apoio multicritério a decisão e programação inteira 0-1 aplicados ao problema de priorização de sistemas de informação. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 26., Fortaleza, 2006. *Anais*. Fortaleza, XXVI ENEGEP, 2006.
- ALMEIDA, J. A.; DE ALMEIDA, A. T.; COSTA, A. P. C. S. Portfolio selection of information systems projects using PROMETHEE V with c-optimal concept. *Pesquisa Operacional*, Rio de Janeiro, 34(2): 275-299, maio/ago. 2014.
- ARCHER, N. P.; GHASEMZADEH, F. An integrated framework for project portfolio selection. *International Journal of Project Management*, 17(4): 207-216, ago. 1999.
- BAETS, W. Aligning information systems with business strategy. *Jornal of Strategic Information Systems*, 1(4): 205-213, set. 1992.
- BAI, H.; ZHAN, Z. An IT project selection method based on fuzzy analytic network process. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCE, ENGINEERING DESIGN AND MANUFACTURING INFORMATIZATION (ICSEM) 23., Guiyang, 2011. *Proceedings*. Guiyang, 2011 ICSEM, 2011. p.248-257.
- BATHALLATH, S.; SMEDBERG, A.; KJELLIN, H. Managing project interdependencies in IT/IS project portfolios: a review of managerial issues. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 4(1): 67-82, mar. 2016.
- BELTON, V.; STEWART, T. J. *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. London, Kluwer Academic Publishers, 2002.
- BENECKE, G.; SCHURINK, W.; ROODT, G. Towards a substantive theory of synergy. *SA Journal of Human Resource Management*, 5(2): 9-19, fev. 2007.
- BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. PROMETHEE methods. In: FIGUEIRA, J., GRECO, S.; EHRGOHTT, M., org. *Multiple criteria decision analysis: state of art surveys*. New York, Springer, 2005. cap 7, p.163-195.
- BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. PROMETHEE V: MCDM problems with segmentation constraints. *Information Systems and Operational Research*, 30(2): 85-86, 1992.
- BRANS, J. P.; VINCKE, P. H. A preference ranking organization method: the PROMETHEE method for Multiple Criteria Decision-Making. *Management Science*, 31(6): 647-656, jun. 1985.

- BRANS, J. P.; VINCKE, P. H.; MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, 24(2): 228-238, fev. 1986.
- BRITO, A. M.; FERREIRA, R. J. P. Modelo multicritério para avaliação da qualidade do ensino superior brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL (SBPO), 46., Salvador, 2014. *Anais*. Salvador, XLVI SBPO, 2014.
- BRODBECK, A. F.; HOPPEN, N.; RIGONI, E. H.; CANEPA, P. C. V. Práticas de alinhamento estratégico promovidas em organizações do estado do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO (EnANPAD), Brasília, 2005. *Anais*. Brasília, XXIX ENANPAD, 2005.
- CAUCHICK MIGUEL, P. A., org. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro, Elsevier, 2010.
- CHAN, Y.; REICH, B. IT alignment: what have we learned? *Journal of Information Technology*, 22(4): 297-315, dez. 2007.
- CHEN, J.-L. The synergistic effects of IT-enabled resources on organizational capabilities and firm performance. *Information & Management*, 49(3-4): 142-150, maio 2012.
- CHO, W.; SHAW, M. J. Does IT synergy matter in IT portfolio selection? In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS (ICIS), 30., Phoenix, 2009. *Proceedings*. Phoenix, 2009 ICIS, 2009. Paper 160.
- CHO, W.; SHAW, M. J. Portfolio selection model for enhancing information technology synergy. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 60(2): 739-749, nov. 2013.
- CHO, W.; SHAW, M. J.; KWON, H. D. The effect of synergy enhancement on information technology portfolio selection. *Information Technology and Management*, 14(2): 125-142, jun. 2013.
- COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. Portfolio management: fundamental to new product success. *The PDMA Toolbook for New Product Development*, 1: 331-364, 2001.
- CORNING, P. A. The synergism hypothesis: on the concept of synergy and its role in the evolution of complex systems. *Journal of Social and Evolutionary Systems*, 21(2): 1-30, 1998.
- CORNING, P. A. *Nature's magic: synergy in evolution and the fate of humankind*. Cambridge, Cambridge University Press, 2003.
- DE ALMEIDA, A. T. *Processo de decisão na organização: construindo modelos de decisão multicritério*. São Paulo, Atlas, 2013.
- DE ALMEIDA, A. T.; ALMEIDA, J. A.; COSTA A. P. C. S.; ALMEIDA-FILHO, A. T. A new method for elicitation of criteria weights in additive models: flexible and interactive tradeoff. *European Journal of Operational Research*, 250(1): 179-191, abr. 2016.

- DE ALMEIDA, A. T.; DUARTE, M. D. O. A multi-criteria decision model for selecting project portfolio with consideration being given to a new concept for synergies. *Pesquisa Operacional*, Rio de Janeiro, 31(2): 301-318, maio/ago. 2011.
- DE ALMEIDA, A. T.; MORAIS, D. C.; COSTA, A. P. C. S.; ALENCAR, L. H.; DAHER, S. F. D. *Decisão em grupo e negociação: métodos e aplicações*. São Paulo, Atlas, 2012.
- DE ALMEIDA, A. T.; RAMOS, F. S., org. *Gestão da informação na competitividade das organizações*. 2.ed. Recife, Editora Universitária da UFPE, 2002.
- DE ALMEIDA, A. T.; VETSCHERA, R. A note on scale transformations in the PROMETHEE V method. *European Journal of Operational Research*, 219(1): 198-200, maio 2012.
- DE REYCK, B. GRUSHKA-COCKAYNE, Y.; LOCKETT, M.; CALDERINI, S. R.; MOURA, M.; SLOPER, A. The impact of project portfolio management on information technology projects. *International Journal of Project Management*, 23(7): 524-537, out. 2005.
- DIAS, A. F. M. *Análise de robustez do modelo multicritério aditivo na problemática de portfólio*. Recife, 2012. 100 p. (Mestrado em Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção, CTG / Universidade Federal de Pernambuco).
- DICKINSON M.W.; THORNTON, A.C.; GRAVES S. Technology portfolio management: optimizing interdependent projects over multiple time periods. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 48(4): 518-527, nov. 2000.
- DUARTE, M. D. O. *Modelos de decisão multicritério e de portfólio com aplicação na construção de políticas energéticas sustentáveis*. Recife, 2011. 122 p. (Doutorado em Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção, CTG / Universidade Federal de Pernambuco).
- ÉDEN, C.; ACKERMANN, E. SODA: the principles. In: ROSENHEAD, J.; MINGERS, J., ed. *Rational analysis for a problematic world revisited*. 2. ed. Chichester, John Wiley, 2004.
- EDWARD, W.; BARRON, F. SMARTS and SMARTER: improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 60(3): 306-325, dez. 1994.
- FGV/EAESP e ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO DA FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. *Pesquisa anual do uso de TI*. Disponível em: <<http://eaesp.fgvsp.br/ensinoeconhecimento/centros/cia/pesquisa>>. Acesso em 01 set. 2016.
- GLEISBERG, E.; ZONDAG, H.; CHAUDRON, M. R. V. An empirical study into the state of practice and challenges in IT project portfolio management. In: EUROMICRO CONFERENCE SOFTWARE ENGINEERING AND ADVANCED APPLICATIONS (SEAA), 34., Parma, 2008. *Proceedings*. Parma, 2008 SEAA, 2008. p.248-257.
- GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; DE ALMEIDA, A. T. *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério*. 2. ed. São Paulo, Atlas, 2006.

- GOOLD, M.; CAMPBELL, A. Desperately seeking synergy. *Harvard Business Review*, 76(5): 130-143, set./out. 1998.
- GUSMÃO, A. P. H.; MEDEIROS, C. P. A Model for selecting a strategic information system using the FITradeoff. *Mathematical Problems in Engineering*, 2016(2): 1-7, jan. 2016.
- HAIR JR., J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. *Análise multivariada de dados*. 5. ed. Porto Alegre, Bookman, 2005.
- JADDA, S.; JANATE-IDRISSE, M. A. Strategic alignment and information system project portfolio optimization model. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT SYSTEMS: THEORIES AND APPLICATIONS (SITA), 10., Rabat, 2015. *Proceedings*. Rabat, 2015 10th SITA, 2015. p.1-8.
- JIANBIN, C.; DEYING, F.; YANLI, G. Study on the it synergies capability and its order parameter model in complex structure organizations. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SERVICE OPERATIONS AND LOGISTICS, AND INFORMATICS, (IEEE/SOLI), 2., Beijing, 2008. *Proceedings*. Beijing, 2008 IEEE/SOLI, 2008. p. 1957-1961.
- JUNQUEIRA, J. C. Metodologias de gestão de portfólio de projetos de TI. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO (EnANPAD), 35., Rio de Janeiro, 2011. *Anais*. Rio de Janeiro, XXXV EnANPAD, 2011.
- KENNEY, R. L. *Value-focused thinking: a path to creative decisionmaking*. Cambridge, Havard University Press, 1992.
- KENNEY, R. L.; RAIFFA, H. *Decision with multiple objectives: preferences and value tradeoffs*. New York, John Wiley, 1976.
- KERZNER, H. *Gestão de projetos: as melhores práticas*. 2. ed. Porto Alegre, Bookman, 2006.
- KLAPKA, J.; PIÑOS, P. Decision support system for multicriterial R&D and information systems projects selection. *European Journal of Operational Research*, 140(2): 434-446, jul. 2002.
- KOWALSKA, I. J. Synergy effects in the mergers of collieries. *International Journal Of Synergy And Research*, 1(2): 103-122, 2012.
- LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. *Sistemas de informação gerenciais: administrando a empresa digital*. 5. ed. São Paulo, Prentice Hall, 2004.
- LAURINDO, F. J. B.; SHIMIZU, T.; CARVALHO, M. M.; RABECHINI JR, R. O papel da tecnologia da informação (TI) na estratégia das organizações. *Gestão & Produção*, São Paulo, 8(2): 160-179, ago. 2001.
- LEE, J. W.; KIM, S. H. An integrated approach for interdependent information system project selection. *International Journal of Project Management*, 19(2): 111-118, fev. 2001.
- LEVINE, H. A. *Project Portfolio Management*. San Francisco, Jossey-Bass, 2005.

- LOPES, Y. G.; DE ALMEIDA, A. T. Assessment of synergies for selecting a project portfolio in the petroleum industry based on a multi-attribute utility function. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 126: 131-140, fev. 2015a.
- LOPES, Y. G.; DE ALMEIDA, A. T. Avaliação de sinergias e problemas de escala na seleção de portfólio baseada em um modelo multicritério aditivo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL (SBPO), 47., Porto de Galinhas, 2015. *Anais*. Porto de Galinhas, XLVII SBPO, 2015b. p. 300-311.
- LÓPEZ, H. M. L.; DE ALMEIDA, A. T. Utilizando PROMETHEE V para seleção de portfólio de projetos de uma empresa de energia elétrica. *Production*, São Paulo, 24(3): 559-571, jul./set. 2014.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. *Metodologia científica*. 6. ed. São Paulo, Atlas, 2011.
- MARKOWITZ, H. Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1): 77-91, mar. 1952.
- MAVROTAS, G.; DIAKOULAKI, D.; CALOGHIROU, Y. Project prioritization under policy restrictions: a combination of MCDA with 0-1 programming. *European Journal of Operational Research*. 171(1): 296-308, maio 2006.
- McFARLAN, W. F. Information technology changes the way you compete. *Harvard Business Review*, 62(3): 98-103, maio/jun. 1984.
- McFARLAN, W. F. Portfolio approach to information systems. *Harvard Business Review*, 59(5): 142-150, set. 1981.
- MITHAS, S.; RUST, R. T. How information technology strategy and investments influence firm performance: conjectures and empirical evidence. *MIS Quarterly*, 40(1): 223-245, mar. 2016.
- MONTEIRO, J. A.; GUSMÃO, A. P. H.; RAMOS, P. M. S.; NANES, I. E. Avaliação de sinergias de portfólio de projetos de tecnologia e sistemas de informação - uma abordagem multicritério. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 36., João Pessoa, 2016. *Anais*. João Pessoa, XXXVI ENEGEP, 2016.
- NANES, I. E. *Classificação estratégica de investimentos em tecnologia e sistema de informação*: modelo de decisão baseado no ELECTRE TRI. Caruaru, 2014. 85 p. (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco).
- PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK)*. 5. ed. PMI Standard, 2013.
- PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. *The standard for portfolio management*. Maryland: Project Management Institute Inc., 2006.
- RAMOS, P. M. S.; MONTEIRO, J. A.; GUSMÃO, A. P. H. Modelo para seleção de portfólios envolvendo as sinergias de tecnologia e sistemas de informação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL (SBPO), 48., Vitória, 2016. *Anais*. Vitória, XLVIII SBPO, 2016.

- REZENDE, D. A.; ABREU, A. F. *Tecnologia da informação aplicada a sistemas de informação empresariais: o papel estratégico da informação e dos sistemas de informação nas empresas*. 9. ed. São Paulo, Atlas, 2013.
- ROY, B. *Multicriteria methodology for decision aiding*. Kluwer Academic Publishers. 1996.
- SANTHANAM, R.; KYPARISIS, J. A multiple criteria decision model for information system project selection. *Computers and Operations Research*, 22(8): 807-818, out. 1995.
- STAIR, R. M.; REYNOLDS, G. W. *Princípios de sistemas de informação: uma abordagem gerencial*. 6. ed. São Paulo, Thomson, 2006.
- STEWART, R.; MOHAMED, S. IT/IS projects selection using multi-criteria utility theory. *Logistics Information Management*, 15(4): 254-270, 2002.
- TANRIVERDI, H. Performance effects of information technology synergies in multibusiness firms. *MIS Quarterly*, 30(1): 57-77, mar. 2006.
- TANRIVERDI, H.; VENKATRAMAN, N. Knowledge relatedness and performance of multibusiness firms. *Strategic Management Journal*, 26: 97-119, fev. 2005.
- THOMAIDIS, N. S.; NIKITAKOS, N.; DOUNIAS, G. D. The evaluation of information technology projects: a fuzzy multicriteria decision-making approach, *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 5(1): 89-122, mar. 2006.
- TITAH, R.; BARKI, H. Nonlinearities between attitude and subjective norms in information technology acceptance: a negative synergy? *MIS Quarterly*, 33(4): 827-844, dez. 2009.
- VERGARA, S. C. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 10. ed. São Paulo, Atlas, 2009.
- VETSCHERA, R.; DE ALMEIDA, A. T. A PROMETHEE-based approach to portfolio selection problems. *Computers & Operations Research*, 39(5): 1010-1020, maio 2012.
- VINCKE, P. *Multicriteria Decision-aid*. New York, John Wiley & Sons, 1992.
- WARD, J. M. Information systems strategy: quo vadis? *Journal of Strategic Information Systems*, 21(2): 165-171, jun. 2012.
- WU, W.-W. A hybrid approach to IT project selection, *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 5(6): 361-371, jun. 2008.
- XIANG, X.; ZHONGLIANG, G.; XIAOLIANG, W.; JIASHI, L. Synergic relationship and synergic degree between an information system and corporate strategy. *Cybernetics and Information Technologies*, Sofia, 13(Special): 110-121, dez. 2013.
- YEH, C-H.; DENG, H.; WIBOWO, S.; XU, Y. Fuzzy multicriteria decision support for information systems project selection. *International Journal of Fuzzy Systems*, 12(2): 170-179, jun. 2010.