

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**MODELAGEM MULTICRITÉRIO PARA AVALIAÇÃO
DE DESEMPENHO DE PROJETOS DE TI/SI**

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA À UFPE
PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
POR

LÚCIO CAMARA E SILVA

Orientador: Prof.^a Ana Paula Cabral Seixas Costa, D.Sc.

RECIFE, OUTUBRO / 2011

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

S586m Silva, Lúcio Camara e.
Modelagem multicritério para avaliação de desempenho de projetos de TI/SI / Lúcio Camara e Silva. - Recife: O Autor, 2011.
xii, 104 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientadora: Prof^a. D.Sc. Ana Paula Cabral Seixas Costa.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2011.
Inclui Referências Bibliográficas e apêndice.

1. Engenharia de Produção. 2. Decisão Multicritério. 3. Gestão de projetos. 4. Avaliação de desempenho de projetos. 5. Lógica *Fuzzy*. I. Costa, Ana Paula Cabral Seixas. (Orientadora). II. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.)

BCTG/2011-222



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE TESE DE
DOUTORADO DE

LÚCIO CAMARA E SILVA

***"MODELAGEM MULTICRITÉRIO PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE
PROJETOS DE TISI"***

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PESQUISA OPERACIONAL

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do(a) primeiro(a), considera o candidato LÚCIO CAMARA E SILVA **APROVADO**.

Recife, 06 de outubro de 2011.

Profa. ANA PAULA CABRAL SEIXAS COSTA, Doutor (UFPE)

Profa. DANIELLE COSTA MORAIS, Doutor (UFPE)

Profa. CAROLINE MARIA DE MIRANDA MOTA, Doutor (UFPE)

Prof. ANDRÉ MARQUES CAVALCANTI, Doutor (UFPE)

Profa. MARIA DE LOURDES DE AZEVEDO BARBOSA, Doutor (UFPE)

*Aos meus pais, Lúcio e Dorinha, irmãos e
noiva por todo incentivo.*

AGRADECIMENTOS

Citar nomes é sempre uma tarefa difícil quando desejamos expressar nossos agradecimentos às pessoas que, de um jeito ou de outro, foram de suma importância nesta longa jornada e que fizeram parte de uma vida de muitas lutas e conquistas. Por isso, não quero apenas agradecer, mas sim compartilhar mais esta vitória com todos que contribuíram para que ela ocorresse:

- Inicialmente agradeço a Deus, que me iluminou e me deu forças para a execução desse trabalho;
- A toda minha família, em especial meus pais, Lúcio e Dorinha, meus irmãos, Gustavo, Alice e Taciana pela compreensão e incentivo aos estudos;
- A minha noiva, Mariana Paiva, que vem me acompanhando desde a época da graduação;
- Ao meu tio e padrinho, Renato Dornelas, que sempre destacou a importância da academia;
- A minha orientadora, Prof.^a Ana Paula que, com sua disponibilidade, competência e paciência me ajudou bastante para a execução desse trabalho;
- Ao Prof.^o Adiel Almeida por todas as lições repassadas e aprendidas que me fizeram evoluir não apenas como pessoa, mas também como profissional;
- Aos professores Fernando Campello, Adiel Filho, Suzana, Caroline, Cristiano, Daniele e Luciana por todo incentivo e apoio;
- As amigas conquistadas ao longo desses anos no PPGEP;
- Ao PPGEP, pela oportunidade de realizar um sonho que construí ao entrar na universidade, o de concluir um Doutorado.
- A CAPES pelo apoio financeiro ao longo do curso.
- A todos os meus amigos, que sem eles, não teria inspiração para a conclusão desse trabalho.

RESUMO

O papel das diferentes técnicas de gerenciamento de projetos, que conduzam a implantação de projetos bem sucedidos, tem assumido grande relevância e sido amplamente estabelecido em áreas como planejamento e controle de tempo, custo e qualidade. Essa relevância tem se tornado mais expressiva à medida que aumentam os custos associados ao desempenho dos projetos, os benefícios advindos da redução de tempo e a qualidade. Esta realidade pode ser observada em especial em projetos de Tecnologia da Informação (TI) e Sistemas de Informação (SI). Com o intuito de contribuir para o adequado gerenciamento e avaliação de desempenho de projetos de TI/SI, este trabalho propõe um modelo de decisão multicritério para auxiliar os gerentes na avaliação do desempenho desses projetos e analisar o quão bem está o andamento dos mesmos, de uma maneira mais objetiva, considerando as dimensões de tempo, custo e qualidade. Para as duas primeiras dimensões, esta análise pode ser feita em dois momentos: quando o projeto está concluído, determinando-se a variação entre o valor planejado, através do modelo, e o valor real; ou quando o mesmo ainda está em andamento, verificando o percentual de quanto o valor planejado esteja sendo consumido. Para a qualidade dos projetos de desenvolvimento de *software*, esta é obtida a partir de julgamentos referentes a alguns aspectos críticos para o seu gerenciamento, considerados por meio de uma revisão da literatura e da aplicação de um questionário nas empresas instaladas no Porto Digital, sediado em Recife-PE. Para o desenvolvimento dessas medidas de desempenho, foram utilizados a lógica *fuzzy* e métricas de *software*. Por fim, estas medidas foram agregadas através de um método de decisão multicritério, que permite aos gerentes saber quais são os projetos críticos. Com o objetivo de ilustrar a aplicação do modelo proposto é apresentado um exemplo numérico baseado em um caso hipotético.

Palavras-Chave: Decisão Multicritério, Gestão de Projetos, Avaliação de desempenho de Projetos, Lógica *Fuzzy*.

ABSTRACT

The role of different techniques of project management that lead successful implementation of projects has assumed great importance and have been widely established in areas such as time management and planning, cost and quality. This relevance has become more significant as they increase the costs associated with project performance, the benefits of reducing time and the quality. This scenario can be seen especially in Information Technology (IT) and Information Systems (IS) projects. In order to contribute to the proper management and performance evaluation of IT / IS projects, this paper proposes a multicriteria decision model to assist managers in assessing the performance of these projects and evaluate how well is the status of projects, from a more objective manner, considering the dimensions of time, cost and quality. For the first two dimensions, this analysis can be done in two stages, when the project is completed, determining the variance between the planned value, through the model, and the actual value, or when it is still in progress, checking the percentage of the planned value that is being consumed. For the quality of software development projects, this is obtained from judgments related to some critical aspects for its management, considered through a literature review and the application of a questionnaire in companies located in the Porto Digital, based in Recife-PE. For the development of these performance measures were used fuzzy logic and software metrics. Finally, these measures were aggregated using a multicriteria decision method, which allows managers to know the critical projects. The proposed model allows managers to manage performance of their projects and. In order to illustrate the application of the proposed model, it presents a numerical example based on a hypothetical case.

Keywords: Multicriteria Decision, Project Management, Project performance evaluation, Fuzzy Logic.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Relevância do Trabalho.....	2
1.2 Objetivos Gerais e Específicos.....	3
1.3 Justificativa	4
1.4 Organização do Trabalho	5
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
2.1 Tecnologia da Informação.....	6
2.2 Modelagem Multicritério	9
2.2.1 Método SMARTS e SMARTER.....	11
2.2.2 Método TOPSIS	14
2.2.3 Método PROMETHEE	16
2.2.4 Procedimento de SIMOS.....	18
2.2.5 Lógica Fuzzy	23
2.3 Métricas de <i>Software</i>	32
2.4 Gerenciamento de Projetos	34
2.5 Síntese sobre a Fundamentação Teórica	38
3 REVISÃO DA LITERATURA E PESQUISA DE CAMPO	41
3.1 Avaliação de Projetos.....	41
3.1.1 Fatores de Sucesso de Projetos	44
3.2 Medidas de desempenho de projetos.....	45
3.3 Pesquisa de campo sobre Gestão de Projetos nas empresas de TI/SI do Porto Digital, Recife-PE	49
3.3.1 Instrumento de Pesquisa.....	49
3.3.2 Características da Amostra.....	50
3.3.3 Apresentação dos dados e análise dos resultados.....	50
3.4 Considerações sobre a Revisão da Literatura.....	61
4 MODELO PROPOSTO PARA AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE TI.....	63
4.1 Modelo proposto	63
4.2 Medida de desempenho dos atributos de avaliação dos projetos de TI/SI.....	66
4.2.1 <i>Framework</i> para avaliação do atributo qualidade dos projetos de TI	66

4.2.2 <i>Framework</i> para avaliação do atributo tempo de execução dos projetos de TI.....	70
4.3 Conclusões sobre as propostas iniciais	73
5 APLICAÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DOS PROJETOS DE TI/SI.....	75
5.1 Identificação dos projetos de TI/SI	76
5.2 Desenvolvimento da medida de desempenho para a qualidade dos projetos.....	76
5.3 Desenvolvimento da medida de desempenho para o tempo de execução dos projetos	79
5.4 Utilização do procedimento de Simos para obtenção dos pesos dos atributos	83
5.5 Avaliação de desempenho dos projetos de TI/SI.....	84
5.6 Avaliação dos resultados.....	86
5.6.1 Análise de Sensibilidade	87
6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	89
6.1 Conclusões	89
6.2 Sugestões para trabalhos futuros.....	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
APÊNDICE 1- QUESTIONÁRIO	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Tipos de função utilidade (Edwards & Barron, 1994)	13
Figura 2.2 - Espaço de objetivo de dois critérios (Tsaour <i>et al.</i> , 2002)	15
Figura 2.3- Intervalo de Confiança (Kaufmann & Gupta,1988).....	26
Figura 2.4 - Normalidade e convexidade de um número fuzzy (Kaufmann & Gupta,1988).....	27
Figura 2.5 - Número Fuzzy Triangular (Kaufmann & Gupta,1988).....	28
Figura 2.6 - Número Fuzzy Trapezoidal Kaufmann & Gupta,1988).....	30
Figura 3.1 - Atributos dos riscos (Fonte: Lee (1996))	48
Figura 3.2 - Áreas de atuação das empresas pesquisadas	50
Figura 3.3 - Número de Empresas por Faixa de Faturamento Anual	51
Figura 3.4 - Faixa do Percentual do orçamento de TI gasto com alocação do pessoal da equipe de TI	52
Figura 3.5 - Perspectiva de Contratação de Funcionários de TI em 2010	52
Figura 3.6 - Número de Empresas que utilizam cada metodologia de desenvolvimento especificada.....	53
Figura 3.7 - Percentual de relacionamento e integração das empresas	54
Figura 3.8 – Percentual do Faturamento de 2009 investido em Inovação Tecnológica .	55
Figura 3.9 - Diagnóstico dos gestores dos reflexos e contribuições das atividades de PDI	56
Figura 3.10 - Fatores Críticos de Sucesso na execução de Projetos	57
Figura 3.11 - Índice de sucesso dos Projetos das Organizações	58
Figura 3.12 - Relação de Alinhamento de estratégias e Projetos com Sucesso	58
Figura 3.13 - Fatores que dificultam ou que são difíceis de realizar no gerenciamento de Projetos.....	59
Figura 4.1 - Etapas do modelo proposto para avaliação de desempenho de projetos de TI/SI	64
Figura 4.2 - Framework para avaliação da qualidade dos projetos.....	66
Figura 4.3 - Framework para avaliação do tempo do projeto	70
Figura 5.1 - Influência das habilidades dos profissionais nas características de cada projeto	82

Figura 5.2 - Avaliação do fluxo líquido 86

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1- Etapas do SMARTS/SMARTER.....	12
Tabela 2.2 - Critérios para o PROMETHEE (Adaptado de Brans & Mareschal, 2002)	17
Tabela 3.1 - Classificação dos Projetos (Joshi & Pant, 2008)	42
Tabela 3.2 - Visão geral dos atributos de qualidade (Geraldini <i>et al.</i> , 2011).....	43
Tabela 4.1 - Critério de avaliação para a qualidade dos projetos	67
Tabela 4.2 - Multiplicadores de esforço.....	71
Tabela 4.3 - Estimativa das performances.....	72
Tabela 5.1 - Ordem dos critérios de avaliação da qualidade dos projetos	77
Tabela 5.2 - Medida Fuzzy de performance da qualidade dos projetos.....	78
Tabela 5.3 - Valores defuzzificados.....	78
Tabela 5.4 - Ranking dos projetos	79
Tabela 5.5 - Número de instruções-fonte.....	80
Tabela 5.6 - Estimativa de esforço não ajustado.....	80
Tabela 5.7 - Características internas dos projetos.....	80
Tabela 5.8 - Legenda das cores de cada projeto.....	81
Tabela 5.9 - Estimativa de esforço por projeto ajustado.....	81
Tabela 5.10 - Estimativa de tempo não ajustada.....	82
Tabela 5.11 - Atributos para cada profissional para o projeto 1	83
Tabela 5.12 - Apresentação das informações dadas pelo conjunto de cartas.....	84
Tabela 5.13 - Convertendo os rankings em pesos utilizando o procedimento de Simos	84
Tabela 5.14 - Matriz de Decisão	86
Tabela 5.15 - Ranking dos projetos pelo fluxo líquido.....	87

GLOSSÁRIO DE SIGLAS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
COCOMO	<i>Constructive Cost Model</i>
DM	<i>Decision Maker</i>
ITI	<i>Investimentos em Tecnologia da Informação</i>
MCAD	<i>Multiple Criteria Decision Aiding</i>
PLMO	<i>Programação Linear de Múltiplo Objetivo</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
PROMÉTHÉE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation</i>
SI	<i>Sistemas de Informação</i>
SMARTS	<i>Simple Multi-Attribute Rating Technique</i>
TI	<i>Tecnologia da Informação</i>
TOPSIS	<i>Technique for Order Performance by Similarity</i>

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Turner & Muller (2003), um projeto é um esforço em que recursos humanos, materiais e financeiros são organizados, para desenvolver um escopo único do trabalho, a partir de uma dada especificação, dentro das restrições de custo e tempo, de modo a alcançar mudanças benéficas definidas por determinados objetivos quantitativos e qualitativos. A partir dessa definição, Agarwal & Rathod (2006) argumentam que um *software* é desenvolvido em projetos, uma vez que engloba um único escopo do trabalho com dadas especificações, que precisam ser concluídos em um determinado tempo e custo. Além disso, *softwares* são desenvolvidos para facilitar a trabalho dos clientes e usuários, como também permitem um aperfeiçoamento profissional e competências das pessoas que nelem trabalham.

Ao longo dos últimos anos, as tecnologias têm mudado tão rapidamente que a necessidade de um sistema de gerenciamento de projetos de *software* tem se tornado mais intensiva (LEE, 1996). Conseqüentemente tem-se reconhecido que gerenciamento de projetos tornou-se uma ferramenta eficiente para lidar com esse tipo de atividade.

Entretanto, de acordo com Savolainen *et al.* (2011), apesar dos *softwares* terem sido aplicados com sucesso em diversas áreas, o gerenciamento e projeto de desenvolvimento de *softwares* tem uma reputação de falhas, levando os pesquisadores e patrocinadores a investigarem a fundo o problema da baixa performance desses tipos de projetos.

Conforme pode ser visto em Mahaney & Lederer (2010), completar os projetos dentro do prazo e orçamento previstos e com qualidade é um grande desafio para os atuais gestores. Sabendo-se das complexidades das atividades de gerenciamento de projetos, muitos deles são cancelados antes de sua conclusão, enquanto tantos outros excedem os seus orçamentos. Esse é um exemplo que pode ser visto em Marshall (2006, *apud* Plaza & Turetken, 2009) com relação aos projetos de desenvolvimento de *software*, onde foi relatado que 18% deles são prematuramente cancelados e 53% excedem o seu custo, cronograma e restrições de escopo.

Não obstante, vários projetos são concluídos após as datas previstas ou terminam sem atingir a qualidade esperada. Este problema é especialmente grave, também, para os projetos de sistemas de informação (SI), talvez porque a tecnologia da informação mude tão rapidamente que novos projetos estão continuamente utilizando tecnologias pouco conhecidas e, talvez, porque os provedores de sistemas de informação e os usuários têm muita dificuldade para entender as necessidades do outro (MAHANEY & LEDERER, 2010).

Sendo assim, apesar de avaliações de custos de desenvolvimento de *softwares* serem caracterizadas por certo grau de incerteza, existem vários outros problemas no ciclo de vida de desenvolvimento de um sistema de *software*, como prazos não cumpridos, aumento de custos, ineficiência e abandono (LEE, 1996).

Essas incertezas, de acordo com Glass (2001), correspondem ao problema de que a maioria das estimativas de *software* é produzida no início do processo de desenvolvimento do *software*, antes do problema ser completamente entendido. Além disso, essas estimativas não são realizadas por pessoas que irão participar do desenvolvimento do mesmo ou pelos seus gerentes, mas sim por um gerente sênior.

Neste contexto de dificuldades para gerenciar e avaliar de forma efetiva o desempenho de projetos de Tecnologia de Informação (TI) e Sistemas de Informação (SI) relatados na literatura nas últimas décadas, este trabalho propõe um modelo de decisão multicritério para avaliar o desempenho dos projetos de TI/SI considerando as dimensões custo, tempo e qualidade.

1.1 Relevância do Trabalho

A globalização e a internacionalização dos mercados têm aumentado as pressões competitivas sobre as empresas, levando-as a se engajarem em projetos que são fundamentais para seu desempenho, se não à sua sobrevivência. Esses projetos, comuns em setores como serviços de engenharia, tecnologia da informação, construção e farmacêutico têm uma coisa em comum: eles precisam ser gerenciados, ou seja, eles precisam ser planejados, organizados, monitorados, controlados e avaliados (RAYMOND & BERGERON, 2008).

De acordo com Agarwal & Rathod (2006), a performance de um projeto de *software* é avaliada em termos de sua habilidade em atingir os objetivos de custo, tempo e um nível desejado de qualidade do produto. Portanto, considera-se o projeto bem sucedido se ele entrega o produto com um nível preagendado desses atributos.

Entretanto, ainda de acordo com Agarwal & Rathod (2006), o campo do desenvolvimento de *software* é limitado de métodos que estimem custo e tempo de projetos com precisão e, por isso, vários autores têm investigado a razão pela baixa performance dos projetos de *software*. De acordo com Qureshi *et al.* (2009), escolher a melhor ferramenta para avaliar a performance de um projeto é um trabalho complexo e isso faz com que várias organizações ignorem investimentos na avaliação de desempenho de gerenciamento de seus projetos.

Apesar de a qualidade ter sido amplamente estudada em operações repetitivas, ela permanece pouco estudada no que tange aos projetos (GERALDI *et al.*, 2011). Segundo esses autores, alguns gerentes apresentam dificuldades em desenvolver *frameworks* apropriados para avaliar a qualidade dos projetos.

Diante dessas dificuldades, a proposta desse trabalho é apresentar um modelo que permita aos gerentes desenvolverem medidas de desempenho de seus projetos, com relação ao tempo de execução, a qualidade dos projetos de *software* e os custos envolvidos. Através da aplicação desse modelo o gestor tem embasamento para tomar alguma decisão referente àquele projeto mais crítico, ou seja, àquele com o pior desempenho, como por exemplo, a alocação de mais recursos ao projeto.

Um aspecto interessante desse modelo é a sua simplicidade que, apesar da existência de formulações matemáticas, essas são de simples entendimento, e que podem ser implementadas em um *software*. Além disso, vale ressaltar que o modelo agrega preferências individuais no que tange à qualidade dos projetos, pois cada profissional do projeto é requisitado a avaliar o andamento do mesmo, proporcionando subsídios para caracterizá-lo de uma maneira mais consistente.

Para essa avaliação foram observados os aspectos críticos para o gerenciamento de projetos de desenvolvimento de *softwares*, tanto a partir de uma revisão da literatura, como por meio de uma pesquisa de campo, realizada no Porto Digital. Este último, definido como um arranjo produtivo de tecnologia da informação e comunicação, com foco no desenvolvimento de *software*, está localizado em Recife, capital de Pernambuco.

1.2 Objetivos Gerais e Específicos

Esse trabalho tem por objetivo geral a proposição de um modelo para avaliação de desempenho dos projetos de SI/TI de empresas de desenvolvimento de *software*, levando-se em consideração aspectos intrínsecos das organizações.

Os objetivos específicos são:

- Realizar um estudo dos modelos que tratam da análise de desempenho de projetos;
- Realizar um diagnóstico sobre o gerenciamento de projetos das empresas de desenvolvimento de *softwares* instaladas no Porto Digital, Recife-Pernambuco, através da aplicação de um questionário (Apêndice 1);

- Desenvolver um modelo para avaliação de desempenho de projetos de SI/TI, através do uso de métricas de *software*, modelos de decisão multicritério e da lógica *fuzzy*.
- Realizar uma aplicação do modelo proposto, a fim de tornar mais claro as etapas do mesmo.

1.3 Justificativa

O processo de trazer novos projetos para operação e para o mercado impõe exigências sobre as organizações estabelecidas e necessita de técnicas de gestão diferentes daquelas necessárias para manter as operações diárias (MUNNS & BJEIRMI, 1996). Da mesma forma, neste mundo altamente competitivo, as organizações de projeto estão forçadas a procurar instrumentos científicos que as ajudem na avaliação de seus projetos (DWEIRI & KABLAN, 2006). Seguindo esse raciocínio, Toni & Tonchia (2001) comentam que pesquisas anteriores têm sugerido que as organizações devam adotar novas medidas e técnicas de desempenho multi-dimensional para a gestão de projetos

Sendo assim, técnicas de controle de projetos de *softwares* são definidas como atividades de controle preocupadas com identificação, medição, análise e interpretação de informações sobre os projetos para formulação, planejamento e tomadas de decisão estratégicas (EBERT, 1999).

O papel de diferentes técnicas de gerenciamento de projetos para a sua implementação bem sucedida tem assumido grande relevância e tem sido amplamente estabelecido em áreas como planejamento e controle de tempo, custo e qualidade. Nesse contexto, Agarwal & Rathod (2006) comentam que a literatura sobre o gerenciamento de projetos de desenvolvimento de *software* sempre menciona custo, tempo e qualidade como os critérios de sucesso. Essa relevância tem se tornado mais expressiva à medida que o custo associado ao desempenho dos projetos aumenta e os benefícios advindos da redução de tempo e aumento da qualidade.

Com o intuito de contribuir para a gestão e avaliação de desempenho de projetos de SI/TI, este trabalho apresenta uma abordagem multicritério, sendo proposto um modelo de decisão multicritério que auxilie os gerentes na avaliação de desempenho dos mesmos. Esse modelo é composto da lógica *fuzzy*, que de acordo com Dweiri & Kablan (2006), aplicações específicas da lógica *fuzzy* em gerenciamento de projetos são relativamente poucas em comparação com outras áreas de aplicação. Além disso, também utiliza métricas de *softwares*

para desenvolver medidas de desempenho dos projetos, permitindo que os gerentes administrem a performance de seus projetos e avaliem o quão bem está o andamento dos mesmos, de uma maneira mais eficiente, face às dimensões de tempo, custo e qualidade.

Sendo assim, esse modelo fornece informações ao decisor que são úteis para analisar o desempenho dos projetos a fim de reduzir o percentual dos que são cancelados prematuramente, visto seus excedentes de tempo e custo. E essa informação é obtida não apenas pelas medidas de tempo e custo, como também pela qualidade do desenvolvimento dos projetos, pois aqueles com baixas qualidades podem significar que, futuramente, extrapolem as estimativas iniciais.

1.4 Organização do Trabalho

O presente trabalho está organizado da seguinte forma:

- Capítulo 2: apresenta toda base conceitual que será abordada ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Fornece uma visão geral sobre TI, métricas de *software*, os modelos de decisão multicritério que serão utilizados neste estudo e, por fim, considerações sobre a gestão de projetos.
- Capítulo 3: nesse capítulo é realizada uma Revisão da Literatura com relação ao gerenciamento de projetos e sobre medidas de desempenho dos projetos. Além disso, é apresentada uma pesquisa de campo realizada no Porto Digital, Recife-PE, que foca alguns problemas relacionados ao gerenciamento de projetos. Essa pesquisa foi feita em 2010 e serve como incentivo para o modelo proposto neste trabalho.
- Capítulo 4: apresenta o modelo proposto para a avaliação de desempenhos dos projetos de TI/SI.
- Capítulo 5: apresenta uma aplicação do modelo, ilustrando cada uma de suas etapas.
- Capítulo 6: apresenta as conclusões que podem ser feitas a partir deste trabalho e, por conseguinte, são feitas algumas recomendações e sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados temas que serviram de base para a proposta deste trabalho. A sequência dos assuntos se dá pela análise dos conceitos sobre TI, análise de decisão multicritério, métricas de *software* e gestão de projetos. Os conteúdos explorados neste capítulo promovem subsídios para a proposição de um modelo de decisão que visa reduzir as dificuldades inerentes à gestão de projetos de TI/SI mediante a utilização combinada de métodos múlticritério e métricas de *softwares*.

2.1 Tecnologia da Informação

Para a análise dos projetos de TI/SI é preciso entender o conceito sobre a tecnologia da informação e seus benefícios para as empresas. Este conceito é mais abrangente do que os de processamento de dados, sistemas de informação, engenharia de *software*, informática ou o conjunto de *hardware* e *software*, pois também envolve aspectos humanos, administrativos e organizacionais (KEEN, 1993). Alguns autores fazem distinção entre Tecnologia da Informação e Sistemas de Informação, restringindo à primeira expressão apenas aos aspectos técnicos, enquanto que a segunda corresponderiam as questões relativas ao fluxo de trabalho, pessoas e informações envolvidas. Outros autores, no entanto, usam o termo tecnologia da informação abrangendo ambos os aspectos, como é a visão de Henderson & Venkatraman (1993).

O papel da tecnologia da informação (TI) nas organizações pode variar de simples suporte administrativo até uma posição estratégica (HENDERSON & VENKATRAMAN, 1993). A função estratégica da TI tem ocupado posição destacada em organizações líderes que disputam mercados em crescente competição (PORTER & MILLAR, 1985). Dois pontos básicos podem ser usados para compreendê-la: obtenção de vantagem competitiva na cadeia de valor e aumento de competências essenciais (DUHAN *et al.*, 2001). Por outro lado, embora haja certo consenso sobre o significativo crescimento dos investimentos em TI na última década, permanece uma importante discussão sobre as dificuldades de obter evidências do retorno dos investimentos feitos em TI, tanto no âmbito da empresa individual como no agregado da economia. Essa discussão tem sido chamada de “paradoxo da produtividade” (STRASSMAN, 1990). Contudo, deve-se destacar que um número crescente de diferentes explicações para esse fato tem sido publicado na literatura acadêmica (STRATOPOULOS & DEHNING, 2000; BRYNJOLFSSON & HITT, 1998).

Cada vez mais as organizações estão investindo em TI. Porém, enquanto os investimentos em TI têm o poder de prover vantagens competitivas para as empresas, os retornos reais em investimentos têm variado intensamente e a maioria dos CEOs classifica os investimentos como não sendo satisfatórios. Seguindo essa linha, muitos estudos não têm encontrado uma associação significativa entre os investimentos em TI e o desempenho das empresas (SHAFER & BYRD, 2000). Isso pode estar relacionado pela não relação direta entre os investimentos em TI e o desempenho das organizações (CHEN & ZHU, 2004).

As decisões sobre quais projetos de sistemas de informação (SI) devem ser implementados são, frequentemente, determinantes do desempenho empresarial e são capazes não somente de mudar o posicionamento estratégico das organizações, mas também podem modificar a estrutura de competição do ramo como um todo, como aconteceu nos setores financeiros e de transporte aéreo (LAURINDO, 2002).

O desenvolvimento de um SI estratégico, que pretende tornar a empresa mais flexível para responder às mudanças nas necessidades dos clientes ou para se adaptar às novas condições impostas ao mercado em rápida evolução, é completamente diferente dos investimentos realizados para automatizar os processos existentes, reduzir custos e aumentar a capacidade de produção (PORTER & MILLAR, 1985).

Por isso, a avaliação de investimentos para o desenvolvimento de um sistema com grande impacto competitivo deve seguir uma metodologia distinta da metodologia normalmente utilizada para justificar investimentos menos complexos, para os quais os métodos financeiros tradicionais são aceitáveis.

Portanto, é possível separar os benefícios proporcionados pela TI em duas categorias (GRAEML, 1998):

- Benefícios Diretos: normalmente de curto prazo e facilmente mensuráveis, mas que apresentam menor impacto sobre a capacidade produtiva da empresa. Estes benefícios são quantificáveis pelos métodos de análise financeira tradicional e podem ser diretamente associados a um produto ou serviço executado pela empresa. Eles estão, em geral, ligados à redução de custos dos processos, eliminação da mão-de-obra ou expansão da capacidade de produção.
- Benefícios Intangíveis: menos diretos, normalmente de longo prazo e intimamente associados à estratégia competitiva da empresa. São aqueles que não podem ser associados diretamente a um produto ou serviço executado pela empresa, mas que contribuem para a melhoria do posicionamento da mesma no

mercado. Dentre eles estão o aumento da capacidade de percepção das necessidades dos clientes, melhor qualidade dos produtos, inovações, para os quais é difícil, quando não impossível, atribuir um valor financeiro determinado.

Ainda de acordo com o mesmo autor, a necessidade de se considerar benefícios intangíveis e benefícios futuros ao avaliar os investimentos em TI poderia sugerir a criação de um conjunto de medidores e indicadores de desempenho ou valor específico para a TI. No entanto, à medida que se tenta alinhar os objetivos do departamento de informática com os objetivos globais do negócio, torna-se cada vez mais razoável que se utilizem os indicadores de desempenho corporativos já existentes, ou pelo menos que se desenvolvam indicadores que supram as deficiências dos indicadores tradicionais em medir intangíveis, mas que sejam válidos para toda a empresa, e não somente para a informática. Outra razão para isto é que é impossível isolar as contribuições da TI das de outros fatores. Por isso, os SI não devem ser vistos como algo estanque, mas como parte integrante do negócio.

De acordo com Santos & Laurindo (2004), existem alguns fatores estruturais da organização que são fundamentais no suporte a TI. Tais fatores, considerados como avaliação de suporte oferecido a TI para o aumento da produtividade, são:

- Verificação dos Processos Gerenciais: os saltos de produtividade obtidos com a TI e a gestão de processos como ferramenta gerencial podem deixar de ser obtidos apenas com a redução de custos (uma vez que este paradigma gerencial é altamente poupador de mão-de-obra), mas também com técnicas de diferenciação, capacitando as empresas a agregar valor em seus produtos e serviços, tornando-se mais competitivas.
- Capacitação Profissional: O desenvolvimento da TI exige que os profissionais sejam mais selecionadores, questionadores e comparadores. Portanto, um percentual do investimento deve ser destinado ao treinamento de pessoas.
- Intensidade de informação e Grau de inovação tecnológica nos processos e produtos: as características do processo e do produto em relação à necessidade de informação influenciam o potencial da TI em beneficiar a organização.
- Especificidades de áreas das empresas: Para realização de um investimento em TI, é necessário encontrar os fatores críticos para a aplicação da tecnologia para que os investimentos sejam orientados adequadamente. Sendo assim, a

produtividade da organização dependerá da decisão adequada de quais áreas receberão prioritariamente maiores investimentos.

- Flexibilidade – adequada para o atendimento do mercado: a flexibilidade, ou a habilidade para reinventar dinamicamente os modelos de negócios e as estratégias conforme as circunstâncias mudam, é uma característica imprescindível para atender a um mercado exigente, global, e altamente mutável.
- Erros de medição, (Uso de indicadores adequados): Willcocks (1996), em seu artigo, argumenta que alguns problemas de medição podem ser evitados a partir do desenvolvimento de práticas de gestão e avaliação de desempenho em nível gerencial, ou seja, melhoria nas práticas de medição. Bannister & Remenyi (2005) apresentam quatro pontos que contribuem para as dificuldades encontradas na medição e no gerenciamento dos benefícios oferecidos pelos investimentos em TI: discernimento entre benefícios tangíveis e intangíveis (há aspectos da TI que são de difícil mensuração, mas que podem impactar no sucesso da organização); evolução do benefício (perspectivas futuras); escopo dos sistemas de informação (integração da TI aos processos organizacionais); identificação das melhorias de performance e benefícios (queda de produtividade no período de implantação do projeto de TI).

Existem algumas maneiras de avaliar os benefícios advindo da TI, ainda que existam várias contradições referentes ao retorno desses investimentos. Uma dessas maneiras é a utilização de uma abordagem multicritério, que envolve decisões a serem feitas sobre um conjunto de alternativas.

2.2 Modelagem Multicritério

De acordo com Almeida (2011) um problema de decisão multicritério consiste numa situação, onde há pelo menos duas alternativas de ação para escolher e esta escolha é conduzida pelo desejo de se atender a múltiplos objetivos, muitas vezes conflitantes entre si. Estes objetivos são associados às consequências da escolha pela alternativa a ser seguida e a estes objetivos são associadas variáveis que representam e permitem a avaliação de cada alternativa, com base em cada objetivo. Estas variáveis podem ser chamadas de critérios,

atributos ou dimensões. Raiffa (1968) apresenta uma visão para o problema de avaliação multicritério, mostrando que qualquer consequência em uma decisão é mais naturalmente descrita por meio de um vetor que representa valores.

Sendo assim, Roy & Boussou (1993) definiram uma estrutura para descrever o apoio à decisão através de uma metodologia baseada em quatro etapas. A primeira define o objeto da decisão e do tipo de problemática. Há quatro tipos de problemática: a escolha, classificação, *ranking* e descrição. A segunda etapa permite que as consequências sejam analisadas e os critérios desenvolvidos em uma família consistente. Na terceira etapa, as preferências dos tomadores de decisão são modeladas e as avaliações de desempenho são agregadas. Finalmente, a última etapa investiga e desenvolve a recomendação. De uma maneira geral, as etapas I, II e IV são similares de um autor para o outro. No entanto, eles diferem quanto à terceira, referente aos métodos de agregação.

O apoio multicritério a decisão consiste em um conjunto de métodos para auxiliar pessoas e organizações a tomarem decisões, esclarecendo o problema e avaliando as alternativas por meio de múltiplos critérios, os quais são conflitantes na maioria dos casos (GOMES *et al.*, 2002).

A escolha do método a ser empregado depende do tipo de problema em análise, do contexto estudado, dos atores envolvidos, da estrutura de preferência e do tipo de resposta que se deseja alcançar, ou seja, qual a problemática de referência (GOMES *et al.*, 2002). Portanto, a aplicação de qualquer método MCDA pressupõe a necessidade de se estabelecer quais os objetivos o decisor pretende alcançar, estabelecendo a representação destes múltiplos objetivos com o uso de múltiplos critérios ou múltiplos atributos. Nesse sentido, o MCDA envolve uma vasta gama de métodos que tem como princípio buscar o estabelecimento da estrutura de preferências de um decisor, relacionada às suas consequências e propiciar a avaliação das alternativas que estão sendo consideradas no problema de decisão (ALMEIDA, 2011).

Existem vários métodos desenvolvidos para o tratamento de problemas com múltiplos objetivos, como também há várias formas de classificar estes métodos na literatura. Uma classificação muito usada na literatura é a proposta por Roy (1996) e Vincke (1992):

- Os métodos de critério único de síntese, da Escola Americana, consistem na agregação dos diferentes critérios em uma única função de síntese. Dentre eles, têm-se MAUT, SMARTS, AHP, MACBETH, TOPSIS.

- Métodos de Sobreclassificação (*outranking*), da Escola Francesa, consiste em construir uma relação de sobreclassificação que representa as preferências estabelecidas pelo decisor e explorá-las a fim de ajudar a resolver seu problema. Destacam-se as famílias dos métodos ELECTRE e PROMÉTHÉE.
- Os métodos interativos podem incluir os de PLMO, que em sua maioria utilizam procedimentos interativos.

De acordo com Almeida (2011), outros métodos têm características encontradas em métodos específicos, dentre os três grupos apresentados a seguir:

- Método de Agregação Ordinal: desenvolve a agregação dos critérios para os casos em que as avaliações intracritérios são apresentadas a partir de informações ordinais.
- Métodos de agregação baseados em informação parcial: quando não se dispõe de todas as informações, em geral a informação intercritério, para se desenvolver a avaliação.
- Métodos com Lógica *Fuzzy*: são utilizados para tratamento onde se considera imprecisão nas informações.

Nos próximos itens serão detalhados os métodos multicritério utilizados na proposta desse trabalho.

2.2.1 Método SMARTS e SMARTER

O SMARTS (*Simple Multi-Attribute Rating Technique using Swings*) e o SMARTER (*Simple Multi-Attribute Rating Technique using Exploiting Rankings*) foram propostos por Edwards & Barron (1994) para obtenção da utilidade multiatributo. Ambos são simplificações da MAUT (*Multi-attribute Utility Theory*), descrita em Keeney & Raiffa (1976), e buscam estabelecer uma pré-ordem completa entre as alternativas.

O SMARTS busca corrigir um erro do SMART (*Simple Multi-Attribute Rating Technique*). A partir de um procedimento chamado de “*swing weights*”, os autores incluem a questão da amplitude dos valores das alternativas nos critérios à noção de importância e compensação intercritérios. Admite que a função utilidade unidimensional seja linear para avaliação intracritério e que função de agregação multiobjetivo é aditiva. De acordo com os autores, o processo de elicitação de preferências produz erros maiores do que aqueles resultantes das simplificações do modelo, o que justifica a adoção de técnicas mais simples para mensurar a utilidade multiatributo. No SMARTER, não há o “*swing weights*”. Após a

ordenação dos critérios, utilizam-se valores pré-determinados denominados ROC weights (*Rank Order Centroid weights*) para os pesos, simplificando a obtenção das utilidades.

A proposta dos métodos se baseia na consideração de que os procedimentos de *trade-offs* propostos por Kenney & Raiffa (1976) são mais difíceis de aplicar e são instáveis. Para utilização dos métodos, Edwards & Barron (1994) descrevem duas séries de nove passos, descritos abaixo de forma sucinta na tabela abaixo, que diferem quanto ao oitavo passo de acordo com o método: SMARTS ou SMARTER. Para maiores detalhes destas etapas consultar Edwards & Barron (1994).

Tabela 2.1- Etapas do SMARTS/SMARTER

Etapas	Descrição
Etapa 1	Identificar o objetivo da elicitação dos valores, assim como o indivíduo, organização ou organizações cujos valores devem ser elicitados.
Etapa 2	Elicitar uma hierarquia dos objetivos ou árvore de valores ou elicitar uma lista de atributos potencialmente relevantes aos propósitos da elicitação dos valores de cada decisor ou grupo de decisores.
Etapa 3	Os objetos são alternativas e suas conseqüências. Se os objetivos da elicitação não especificaram os objetos de avaliação, utilizar a estrutura de atributos definidas no passo 2 para criá-los.
Etapa 4	Formular uma matriz com todas as conseqüências para cada alternativa em função de cada critério para avaliação de objetos por atributos. Os dados de entrada devem ser os <i>scores</i> relacionados com utilidades ou valores. Os <i>scores</i> não precisam ser utilidades unidimensionais numa escala cardinal, precisam apenas ser números tais que um maior número seja preferível a um menor (utilidade ordinal).
Etapa 5	Eliminar opções ordinalmente dominadas. Dominância ordinal geralmente pode ser reconhecida por inspeção visual. As opções cardinalmente dominadas devem ser eliminadas. O número de opções será reduzido, mas a escala de atributos não deve ser afetada. Se a opção dominada eliminada afetar a escala de atributos, analise se o atributo é digno de ser considerado, se não for retorna-se ao passo 2 para eliminá-lo.
Etapa 6	Construção da matriz de avaliação intracritério. As entradas da tabela são utilidades unidimensionais numa escala cardinal. Para isso, testar inicialmente a linearidade das utilidades unidimensionais para cada dimensão nas quais <i>scores</i> físicos estão disponíveis. Edwards & Barron (1994) propõem quatro formas diferentes para determinar a função utilidade unidimensional (figura 2.1).

-
- Etapa 7** Efetuar a parte 1 do *swing* para ordenação dos critérios. Pergunta-se ao decisor: “Caso existisse uma alternativa que tivesse o pior score para todos os critérios analisados. Dada a oportunidade de trocar apenas a avaliação em uma das dimensões do pior valor para o melhor dentre as alternativas, em qual dimensão você melhoraria?”. Continue até que todas as dimensões sejam ordenadas
- Etapa 8** Efetuar a parte 2 do *swing* para obtenção dos pesos, através da tabela definida pelos autores ou pelas equações 2.1 e 2.2
- Etapa 9** Efetuar a agregação aditiva e escolher aquela que tiver maior valor de utilidade global.
-

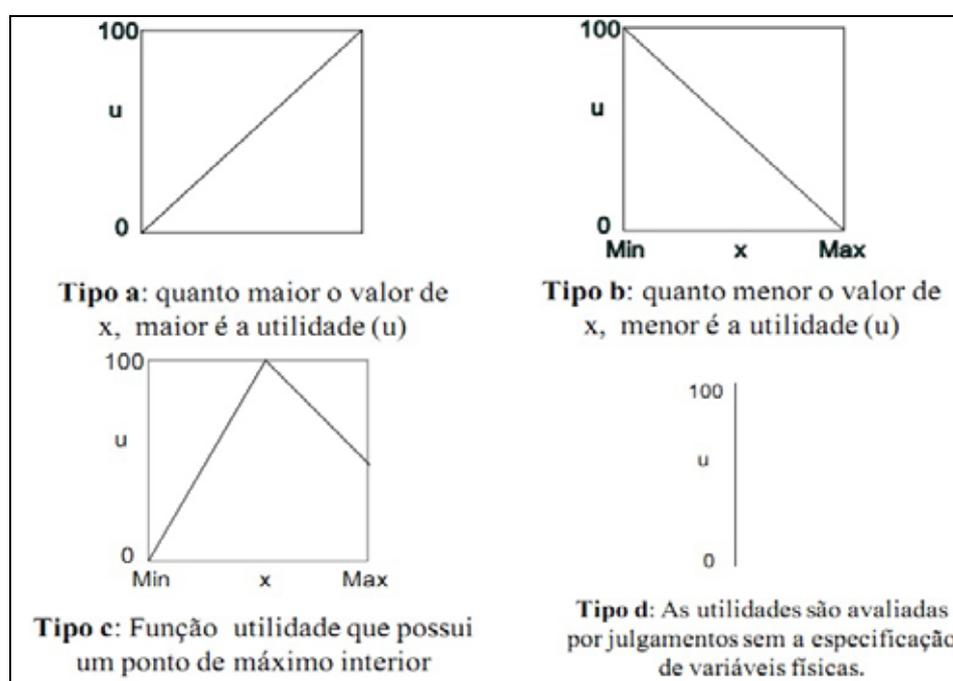


Figura 2.1 - Tipos de função utilidade (Edwards & Barron, 1994)

A partir das informações obtidas na etapa 7, da tabela anterior, de ordem de importância dos critérios, com base no procedimento de *swing*, tem-se agora a obtenção dos pesos, sem que faça uma avaliação adicional com o decisor. O procedimento recomendado é o ROC (*ranking ordered centroid*), que consiste na aplicação das equações a seguir, considerando n critérios e que $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_n$. Os ROC *weights* conduzem a identificação da melhor opção entre 75 a 87% das vezes, dependendo dos detalhes da simulação e a perda no valor da utilidade global é abaixo de 2% (EDWARDS & BARRON, 1994). No pior caso, quando os pesos ROC não escolhem a melhor opção, eles não escolhem uma muito ruim.

$$\begin{aligned}
 w_1 &= (1 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/n)/n \\
 w_2 &= (0 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/n)/n \\
 w_3 &= (0 + 0 + 1/3 + \dots + 1/n)/n \\
 w_n &= (0 + 0 + 0 + \dots + 1/n)/n
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

Ou seja:

$$w_i = 1/n \sum_{j=1}^n 1/j
 \tag{2.2}$$

Por fim, é oportuna a aplicação do SMARTER, a fim de amenizar a dificuldade quanto à subjetividade do problema: o método facilita a eliciação de preferências principalmente em relação aos *trade-offs* presentes na tomada de decisões.

2.2.2 Método TOPSIS

O TOPSIS é um método de agregação com função valor aditiva (*Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*), proposto por Hwang & Yoon (1981). Este é um método que situa as alternativas em relação aos pontos de referência: ponto ideal e ponto anti-ideal. Portanto, de acordo com os autores, a lógica subjacente ao TOPSIS é definir a solução ideal e o negativo da solução ideal. A primeira é composta por todos os melhores valores atingíveis dos critérios, enquanto que o negativo da solução ideal é constituído por todos os piores valores possíveis de critérios. Sendo assim, durante os processos de seleção de alternativas, a melhor alternativa seria a que está mais próxima da solução ideal e mais afastada do negativo da solução ideal.

Tomando o espaço dos objetivos de dois critérios, conforme indicado na figura a seguir, A^+ e A^- são, respectivamente, a solução ideal e o negativo da solução ideal. Além disso, a alternância de $A1$ é menor em distância em relação a solução ideal A^+ e o negativo da solução ideal A^- do que a alternativa $A2$. Por uma questão de fato, os altos e baixos dessas duas alternativas estão fora de comparação, apenas o TOPSIS definiu como relação de aproximação de modo a considerar e correlacionar, como um todo, a distância para a solução ideal e o negativo da solução ideal. Os processos matemáticos do método são descritos a seguir (HWANG & YOON, 1981):

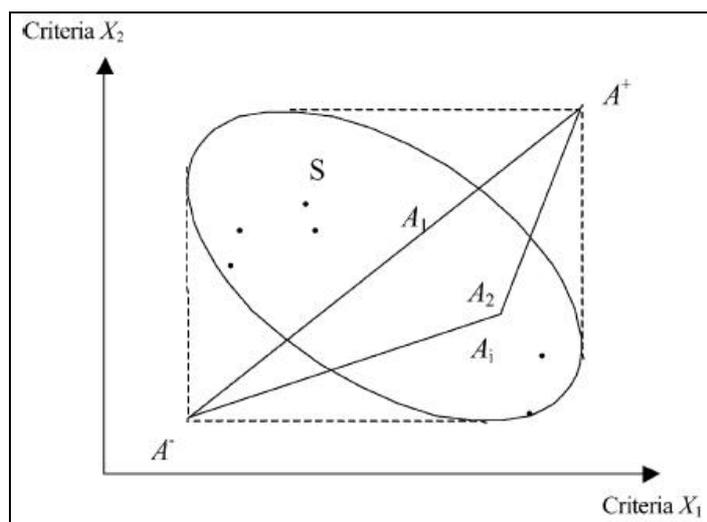


Figura 2.2 - Espaço de objetivo de dois critérios (Tsaour et al., 2002)

- Estabelecer o desempenho da matriz normalizada:
O objetivo da normalização da matriz de desempenho é unificar as unidades de entrada da matriz. Suponha que o desempenho original da matriz é:

$$X = (X_{ij}), \quad \forall i, j \tag{2.3}$$

onde X_{ij} é a performance da alternativa i no critério j .

- Criar a matriz de desempenho normalizada ponderada:
O método TOPSIS define a matriz de desempenho normalizada ponderada como:

$$V = (V_{ij}), \quad \forall i, j$$

$$V_{ij} = w_j \times r_{ij}, \quad \forall i, j \tag{2.4}$$

onde w_j é o peso do critério j .

- Determinar a solução ideal e o negativo da solução ideal:
A solução ideal é calculada com base nas seguintes equações:

$$A^+ = \{(\max V_{ij} | j \in J), (\min V_{ij} | j \in J'), l = 1, 2, \dots, m\} \tag{2.5}$$

$$A^- = \{(\min V_{ij} | j \in J), (\max V_{ij} | j \in J'), l = 1, 2, \dots, m\} \tag{2.6}$$

onde,

$$J = \{j = 1, 2, \dots, n \mid j \text{ pertence a um critério } X\}$$

$$J^t = \{j = 1, 2, \dots, n \mid j \text{ pertence a um critério } Y\}$$

- Calcular a distância entre a solução ideal e o negativo da solução ideal para cada alternativa:

$$s_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.7)$$

$$s_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.8)$$

- Calcular a proximidade em relação à solução ideal de cada alternativa:

$$C_i^* = \frac{s_i^-}{s_i^- + s_i^+}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.9)$$

onde,

$$0 \ll C_i^* \ll 1$$

o que significa que a alternativa i é mais próxima de A^* quando C_i^* se aproxima de 1.

- *Ranking* da ordem de preferência:

Naturalmente o valor de C_i^* será tanto maior quanto mais próxima a alternativa i for da solução ideal positiva e mais distante da solução ideal negativa, indicando que a alternativa é melhor. Então, um conjunto de alternativas pode ser preferencialmente ranqueados de acordo com a ordem decrescente de C_i^* .

2.2.3 Método PROMETHEE

Os métodos da família PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) baseiam-se na construção de uma relação de sobreclassificação, agregando informações entre alternativas e critérios, e na análise dessa relação para apoio a decisão (BRANS & MARESCHAL, 2002).

O decisor deve estabelecer para cada critério um peso p_i que reflete a importância do critério. De posse desses pesos, é obtida o grau de sobreclassificação de uma alternativa a sobre alternativa b , para cada par de alternativas (a, b) , através da seguinte equação:

$$\pi(a, b) = \sum_{i=1}^n p_i F_i(a, b), \quad \text{onde} \quad \sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad (2.10)$$

$F_i(a,b)$ é a função diferença $[g_i(a) - g_i(b)]$ entre o desempenho das alternativas para cada critério i . No PROMÉTHÉE existem algumas formas básicas para essa função e o decisor pode representar suas preferências usando a forma mais adequada para cada critério.

Tabela 2.2 - Critérios para o PROMETHEE (Adaptado de Brans & Mareschal, 2002)

Critério usual	$g_i(a) - g_i(b) > 0$	$F(a,b) = 1$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq 0$	$F(a,b) = 0$
Quase-critério	$g_i(a) - g_i(b) > q$	$F(a,b) = 1$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq q$	$F(a,b) = 0$
Limiar de preferência	$g_i(a) - g_i(b) > p$	$F(a,b) = 1$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq p$	$F(a,b) = (g_i(a) - g_i(b))/p$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq 0$	$F(a,b) = 0$
Pseudo-critério	$g_i(a) - g_i(b) > p$	$F(a,b) = 1$
	$q < g_i(a) - g_i(b) \leq p$	$F(a,b) = 1/2$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq q$	$F(a,b) = 0$
Área de indiferença	$g_i(a) - g_i(b) > p$	$F(a,b) = 1$
	$q < g_i(a) - g_i(b) \leq p$	$F(a,b) = (g_i(a) - g_i(b))/(p-q)$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq q$	$F(a,b) = 0$
Critério Gaussiano	$g_i(a) - g_i(b) > 0$	Preferência aumenta segundo uma distribuição normal
	$g_i(a) - g_i(b) \leq 0$	$F(a,b) = 0$

Na fase de análise da relação de sobreclassificação para o apoio a decisão, dois indicadores são utilizados.

- Fluxo de sobreclassificação de saída da alternativa a :

$$\Phi^+(a) = \sum_{b \in A} \pi(a,b) \tag{2.11}$$

- Fluxo de sobreclassificação de entrada da alternativa a :

$$\Phi^-(a) = \sum_{b \in A} \pi(b,a) \tag{2.12}$$

- Fluxo de sobreclassificação líquido

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \tag{2.13}$$

O fluxo de sobreclassificação de saída da alternativa a representa a intensidade de preferência de a sobre todas as alternativas b no conjunto A , ou seja, quanto maior esse fluxo, melhor a alternativa.

Na análise multicritério uma importante informação está relacionada à informação intercritério. Para os métodos não compensatórios, como os de sobreclassificação, esta informação corresponde à importância relativa entre os critérios (ALMEIDA, 2011), geralmente traduzida em números que são denominados de “pesos”. A interpretação do significado desses “pesos” não é tão simples e, de acordo com Gomes et al. (2002) pode ser influenciada pela composição e/ou propriedades das alternativas que compõem o conjunto de alternativas factíveis. No caso de métodos de critério único de síntese, a compensação no cômputo da avaliação final da alternativa é permitida a partir das constantes de escala que estabelecem os *trade-offs* entre os critérios. Além desse *trade-off* há o procedimento por *swing*, apresentado anteriormente para o método Smarts, como também um procedimento próprio estabelecido no método AHP. Neste trabalho para elicitação dos pesos dos critérios será utilizado o procedimento de Simos, detalhado a seguir. Em Figueira & Roy (2002), este procedimento foi utilizado em conjunto com o método ELECTRE.

2.2.4 Procedimento de SIMOS

Simos (1990, *apud* Figueira & Roy, 2002) propôs uma técnica para permitir que qualquer decisor, não necessariamente familiarizado com apoio a decisão multicritério, pense sobre e expresse a maneira como ele gostaria de hierarquizar diferentes critérios de uma família num dado contexto.

A principal inovação desta abordagem consiste em associar um jogo de cartas com cada critério. O fato de que a pessoa que está sendo testada tem que lidar com as cartas a fim de ordená-las, inserindo as cartas brancas, permite uma compreensão bastante intuitiva do objetivo deste procedimento. Os passos para esse procedimento são descritos a seguir (FIGUEIRA & ROY, 2002).

2.2.4.1 Coletar Informações

A técnica utilizada para coletar informações consiste das seguintes etapas:

1. É dado a pessoa que está sendo testada (o usuário) um conjunto de cartas: o nome de cada critério está escrito em cada carta, juntamente com algumas outras informações, se necessário. Por isso, têm-se n cartas, sendo n o número de critérios de uma família F . Essas cartas não devem apresentar qualquer número a fim de não induzir as respostas. Também é dado um conjunto de cartas brancas com o mesmo tamanho, porém a quantidade dependerá da necessidades dos usuários.

2. O usuário é solicitado a classificar essas cartas de forma ascendente, de acordo com sua importância, ou seja, da carta menos importante para a mais importante. Dessa forma, o usuário irá ranquear em ordem crescente, de acordo com a importância que ele quer atribuir aos critérios. De acordo com o ponto de vista do usuário, se alguns critérios têm a mesma importância (ou seja, o mesmo peso), ele deveria construir um subconjunto de cartas mantendo-as agrupadas. Portanto, obtém-se uma pré-ordem completa de todos os n critérios.

3. É solicitado ao usuário que o mesmo pense sobre o fato da importância de dois critérios sucessivos no *ranking* poder ser relativamente próxima. Portanto, a determinação dos pesos deve levar em conta esta maior ou menor diferença na relevância de critérios sucessivos. Assim, pede-se para introduzir cartões em branco entre duas cartas sucessivas. Quanto maior a diferença entre os pesos dos critérios mencionados, maior o número de cartas brancas.

Fazendo-se um apurado geral deste procedimento, tem-se que:

- Sem carta branca significa que os critérios não têm o mesmo peso e que a diferença entre os pesos pode ser escolhida como uma unidade para medir os intervalos entre os pesos. Simos define como u esta unidade.
- Uma carta branca significa uma diferença de duas vezes u .
- Duas cartas brancas significam uma diferença de três vezes u , e assim por diante.

2.2.4.2 Determinando os pesos dos critérios com o procedimento de SIMOS

A maneira como Simos propõe o processo de coleta de informações a fim de atribuir valores numéricos para os pesos dos critérios é apresentada em Maystre; Pictet; Simos (1994, *apud* Figueira & Roy, 2002). Neste trabalho, supõe-se uma família de critérios e que os usuários agrupam as cartas associadas aos critérios que têm a mesma importância em diferentes subconjuntos de *ex aequo*. Ao final, para converter o *ranking* em pesos, Simos propôs o seguinte algoritmo:

1. Realizar o *ranking* dos subconjuntos de *ex aequo*, do pior para o melhor de acordo com as cartas brancas.
2. Atribuir uma posição para cada critério e cada carta branca: a carta menos qualificada recebe a posição 1, a próxima a posição 2, e assim por diante.
3. Determinar o peso não-normalizado de cada *ranking*, dividindo a soma das posições desse *ranking* pelo número total de critérios que pertencem a ele.
4. Determinar o peso normalizado de cada critério, dividindo o peso não-normalizado do *ranking* pela soma total das posições dos critérios (sem levar em conta os cartões brancos).

Apesar dos pesos normalizados serem escritos sem casas decimais, a técnica consiste em arredondamento para o maior ou menor número inteiro mais próximo valor.

2.2.4.3 As principais objeções à maneira que o procedimento de SIMOS determina os valores numéricos para os pesos

O procedimento recomendado para converter os *rankings* em pesos limita o conjunto dos possíveis pesos por que determina automaticamente a razão entre o peso do critério mais importante e peso do critério menos importante nesse *ranking*. Portanto, se não existem cartas *ex aequo* no primeiro e no último *ranking*, a razão é igual ao número total de cartas, T. Mas, caso haja um subconjunto q critérios mais importantes e um subconjunto com p critérios menos importantes no *ranking*, obtem-se a seguinte razão:

$$z = \frac{(\sum_{i=0}^{q-1} (T - i))^p}{(\sum_{i=0}^{p-1} (1 + i))^p} \quad (2.14)$$

Entretanto, no contexto de apoio a decisão na vida real, quando o pesos normalizados são determinados, é muito difícil para o decisor aceitar este procedimento, porque, em muitos casos, a soma de todos os pesos normalizados não corresponde a 100. Por este motivo, o procedimento de Simos foi revisado, conforme mostra o item a seguir.

2.2.4.4 O procedimento de SIMOS revisado

A versão revisada do processo de Simos leva em conta um novo tipo de informação adicional do decisor e altera certas regras computacionais do método anterior. Este novo tipo de informação se preocupa com a relação entre os pesos dos critérios mais importantes e o menos importantes no *ranking*.

Geralmente, é muito fácil para o usuário expressar suas preferências através de uma ordenação de critérios. O usuário pode, em alguns casos, atribuir diretamente um valor numérico para cada critério. Infelizmente, esses valores não são facilmente interpretáveis em termos dos pesos.

Sendo assim, um novo tipo de informação é solicitada ao usuário a fim de que ele informe quantas vezes o último critério é mais importante que o primeiro no *ranking*. Sabendo que z é o valor dessa relação e que esta não é geralmente muito bem definida, a partir da ponto de vista do usuário, é muito importante analisar o efeito sobre a saída com as mudanças em z.

Dessa maneira, de acordo com Figueira & Roy (2002), o novo algoritmo leva em conta um tipo de informação adicional sobre o valor de z , elimina a mal-processamento dos subconjuntos de *ex aequo* do método anterior e processa o arredondamento dos valores numéricos de uma forma otimizada.

Este algoritmo deve, além de atribuir um valor numérico para os pesos de cada critério g_i para $i = 1, \dots, n$, determinar sucessivamente:

- Os pesos não-normalizados $k(1), \dots, k(r)$ associados a cada subconjunto de *ex aequo* de acordo com seu *ranking*. Por convenção tem-se que $k(1) = 1$, ou seja, atribui-se o valor 1 ao critério menos importante ou subconjunto de critérios *ex aequo*.

Seja e'_r o número de cartas brancas entre r e $r+1$. Faça:

$$e_r = e'_r + 1 \quad \forall r = 1, \dots, (n-1)$$

$$e = \sum_{r=1}^{n-1} e_r$$

$$u = \frac{z-1}{e}$$

(2.15)

É obtido, então, $k(r) = 1 + u(e_0 + \dots + e_{r-1})$ com $e_0 = 0$. Para estes pesos, mantêm-se apenas duas casas decimais usando a técnica de arredondamento para o valor mais próximo, inferior ou superior. Se existem vários critérios *ex-aequo* no posto r , então todos aqueles critérios devem ter o mesmo peso $k(r)$.

- Para os pesos normalizados, tem-se que o somatório de k_i é igual a 100 e k_i denota o peso normalizado de cada critério g_i para $i = 1, \dots, n$. Sabendo que g_i é um critério de *ranking* r e que k_i' o peso não normalizado desse critério, faz que:

$$K' = \sum_{i=1}^n k_i' \quad k_i^* = \frac{100}{K'} k_i' \quad (2.16)$$

Em relação as casas decimais, podem-se considerar os seguintes valores de w :

- para $w = 0$: nenhuma casa decimal
- para $w = 1$: leva em consideração apenas 1 casa decimal
- para $w = 2$: leva em consideração apenas 2 casas decimais

Usando-se essa técnica, obtém-se o seguinte resultado:

$$K'' = \sum_{i=1}^n k_i'' \leq 100$$

$$s = 100 - K'' \leq 10^{-w} \times n \quad (2.17)$$

Na verdade, o valor de v , conforme a equação a seguir, é um inteiro no máximo igual a n :

$$v = 10^w \times s \quad (2.18)$$

Fazendo-se (2.18) para os v critérios selecionados e k_i'' para os outros $n - v$, tem-se que somatório de k_i é igual a 100.

$$k_i = k_i'' + 10^{-w} \quad (2.19)$$

A fim de fixar um mínimo de distorção dos pesos, a escolha do critério v , o qual deve-se adicionar 10^w é realizado pelo seguinte algoritmo:

- Determinar, para cada critério g_i , as razões:

$$d_i = \frac{10^{-w} - (k_i'' - k_i'')}{k_i''} \quad d_i^- = \frac{(k_i'' - k_i'')}{k_i''} \quad (2.20)$$

- Criar duas listas L e L^- definidas como segue:

a lista L é construída pelos pares (i, d_i) classificados de acordo com os valores crescentes da razão de d_i .

a lista L^- é construída pelos pares (i, d_i^-) classificados de acordo com os valores decrescentes da relação d_i^- .

Fazer $M = \{i / d_i > d_i^-\}$, $|M| = m$.

- Particionar os critérios de n de F em dois subconjuntos F^+ e F^- , onde $|F^+| = v$ e $|F^-| = n - v$. Os critérios de F^+ serão arredondados, para cima, para o número inteiro mais próximo e os critérios de F^- serão arredondados, para baixo, para o número inteiro mais próximo. A partição de F é feita da seguinte forma:

- Se $m + v \leq n$, então, construir F^- com os m critérios de M e adicionados aos $(n - v - m)$ últimos critérios de L^- não-pertencentes a M . Assim, a lista F^+ será construída pelos primeiro v critérios L^- não-pertencentes a M .

- Se $m + v > n$, então, construir F^+ com os $(n - m)$ critérios de L que não pertencem a M , acrescido dos $(v + m - n)$ primeiros critérios de L que não

pertencem a M . Assim, a lista F^- será construída pelos $(n - v)$ últimos critérios de L que não pertencem à M .

2.2.5 Lógica *Fuzzy*

Avanços na ciência e na tecnologia têm tornado complexa a sociedade atual e, diante disso, os processos de decisão tornaram-se vagos e difíceis de analisar. Entretanto, o cérebro humano possui características especiais que lhe permite aprender e raciocinar em ambientes confusos, ou seja, ter a habilidade de chegar a decisões baseadas em dados qualitativos e imprecisos, em contraste a um modelo matemático lógico e formal que demanda dados quantitativos e precisos. Apesar dos computadores modernos possuírem esta última, eles não tem a habilidade do ser humano em trabalhar com dados qualitativos e imprecisos. Portanto, o desenvolvimento dos conceitos *Fuzzy* foi um passo para o desenvolvimento de ferramentas capazes de trabalharem com problemas humanísticos, ou seja, possibilitando a implementação de um controlador computacional com desempenho equivalente ao do operador humano (KAUFMANN & GUPTA, 1988).

A Lógica *Fuzzy*, também conhecida como Difusa ou Nebulosa, criada em 1965 por Lofti A. Zadeh, engenheiro eletrônico e professor da Universidade da Califórnia, Berkeley (ZADEH, 1965), é uma técnica que incorpora a forma humana de pensar em um sistema de controle. Segundo o autor, essa ferramenta é utilizada para tratamento de problemas onde se considera imprecisão nas informações. Essa incerteza está associada a dificuldades que o decisor pode ter para especificar preferências de forma completa.

Para considerar as incertezas e ambiguidades existentes nos problemas de engenharia, a lógica *Fuzzy* tem provado ser uma ferramenta efetiva por levar em consideração o impreciso (MONTEVECHI, 1995). A maioria destes problemas são complexos devido ao número de variáveis envolvidas e a dificuldade de quantificação destas variáveis. Por vezes, diversas destas grandezas têm seus valores estabelecidos através de processos subjetivos.

Portanto, a lógica *fuzzy* é uma ferramenta matemática para modelar incertezas nos sistemas das indústrias, natureza e humanidade, além de ser uma ferramenta facilitadora para o raciocínio em comum em tomadas de decisões, na falta de informações completas e precisas. Seu papel é significativo quando aplicados a fenômenos complexos que não podem ser descritos facilmente por métodos matemáticos tradicionais, especialmente quando o objetivo é encontrar uma melhor aproximação da solução (ERTUGRUL, 2010).

2.2.5.1 Teoria dos Conjuntos Fuzzy

Um conjunto é uma coleção de objetos que são bem especificados e possuem algumas propriedades em comum. Esses objetos podem representar conceitos abstratos ou podem ser uma coleção de algumas propriedades físicas. O conjunto de objetos na vida real não tem critérios de pertinência definidos claramente. Porém, conjuntos incertos que são definidos na vida real têm um papel importante na tomada de decisão humana. Portanto, a teoria dos conjuntos *fuzzy* é desenvolvida a fim de definir e resolver tais problemas, apresentando uma ampla área de aplicação (LIN *et al.*, 2011).

Nesse contexto, a Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* é um conjunto de conceitos e técnicas que dão uma forma de uma precisão matemática para o processo cognitivo humano que, muitas vezes, são imprecisos e ambíguos pelos padrões da matemática clássica (KAUFMANN & GUPTA, 1988).

A modelagem utilizando conjuntos *fuzzy* tem provado ser uma maneira efetiva para a formulação de problemas de decisão, onde as informações disponíveis são subjetivas e imprecisas. Aplicações da lógica *fuzzy* dentro do campo de tomada de decisão têm, em sua maior parte, consistido de extensões das teorias clássicas da tomada de decisão. Enquanto as tomadas de decisões sob condições de risco e incerteza têm sido modeladas pelas teorias de decisão probabilística e por teorias do jogo, as teorias de decisão *fuzzy* tentam lidar com a indefinição ou imprecisão da subjetividade ou imprecisão inerente às determinações das preferências, restrições e objetivos (ERTUGRUL, 2010).

A fim de lidar com a vagueza do pensamento humano, Zadeh (1975), introduziu a teoria dos conjuntos *Fuzzy*. Segundo o autor, um conjunto *fuzzy* é uma classe de objetos com um contínuo grau de pertinência, caracterizado por uma função de preferência que atribui a cada objeto um grau de pertinência que varia de zero a um.

Conforme pode ser visto em Kaufmann & Gupta (1988), a função característica ou função de pertinência de x , considerando um conjunto referencial E com x pertencendo a seus elementos, é dada por:

$$\forall x \in E : \mu_A(x) \in [0,1] \quad (2.21)$$

onde $[0,1]$ é um intervalo fechado de 0 até 1. Um subconjunto de (2.21) é um subconjunto *fuzzy*. Portanto, um subconjunto tem uma função de pertinência não apenas com valores 0 ou 1, mas com qualquer número entre o intervalo 0 e 1.

2.2.5.1.1 Operações entre Conjuntos:

Na teoria dos conjuntos, as principais operações são definidas como seguem (KAUFMANN & GUPTA, 1988):

Interseção:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_{A(x)} \wedge \mu_{B(x)} \quad (2.22)$$

União:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_{A(x)} \vee \mu_{B(x)} \quad (2.23)$$

Complementar:

$$\mu_{A^c} = 1 - \mu_{A(x)} \quad (2.24)$$

2.2.5.2 Número Fuzzy

Antes de ilustrar o que são números *fuzzy*, é importante exemplificar o significado dos intervalos de confiança. De acordo com Kaufmann & Gupta (1988), o intervalo de confiança em R é um subconjunto ordinário de R que representa o tipo de incerteza. Definindo um número $A \in R$ sobre um intervalo de confiança $[a_1, a_3]$ da seguinte forma e conforme Figura

2.2:

$$\begin{aligned} \mu_A(x) &= 0, x < a_1 \\ &= 1, a_1 \leq x \leq a_3 \\ &= 0, x > a_3 \end{aligned} \quad (2.25)$$

Sabe-se que A não pode ser menos que a_1 nem maior que a_3 . Sendo assim, a representação simbólica de um intervalo de confiança é descrito como $A = [a_1, a_3]$.

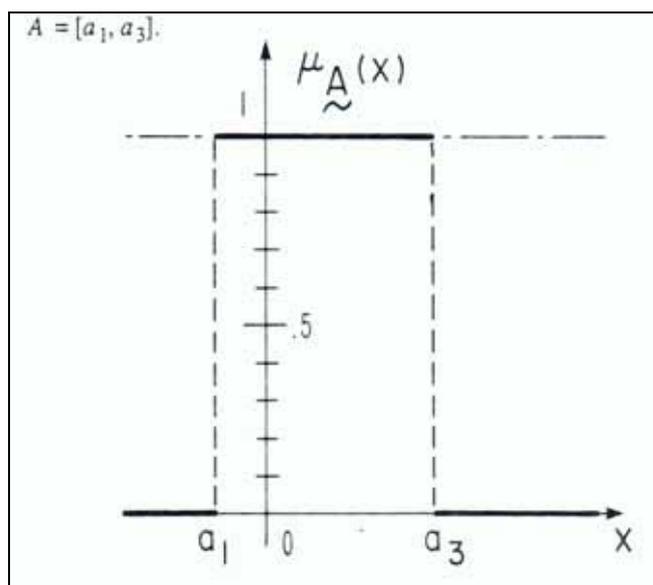


Figura 2.3- Intervalo de Confiança (Kaufmann & Gupta, 1988)

Portanto, números fuzzy são um subconjunto fuzzy dos números reais e representam a expansão da idéia de intervalo de confiança. Em geral, um número fuzzy é um subconjunto fuzzy em \mathbb{R} , que é tanto normal como convexo. Conforme pode ser visto em Kaufmann & Gupta (1988), a normalidade implica que:

$$\exists x \in \mathbb{R} \forall x \mu_A(x) = 1 \tag{2.26}$$

ou seja, o máximo valor do conjunto fuzzy em \mathbb{R} é igual a 1.

Quanto à convexidade, isto significa que existe um limiar de corte, α , paralelo ao eixo horizontal (o eixo x), sendo: $A_\alpha = [a_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)}]$, resultando na seguinte propriedade:

$$(\alpha' < \alpha) \rightarrow (a_1^{(\alpha')} \leq a_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha')} \leq a_3^{(\alpha)}) \tag{2.27}$$

Alternativamente, representando o limiar de corte, α , por $A_\alpha = [a_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)}]$ e $A_{\alpha'} = [a_1^{(\alpha')}, a_3^{(\alpha')}]$, então a condição da convexidade implica que:

$$\alpha' < \alpha \rightarrow A_\alpha \subset A_{\alpha'} \tag{2.28}$$

A figura abaixo mostra as propriedades da normalidade e convexidade de um número fuzzy A.

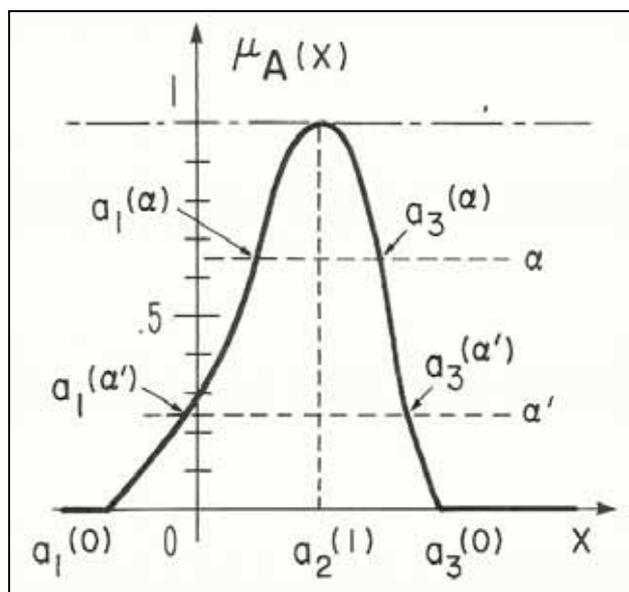


Figura 2.4 - Normalidade e convexidade de um número fuzzy (Kaufmann & Gupta, 1988)

Para Kaufmann & Gupta (1988), existe um conjunto infinito de números *fuzzy*. Entretanto, para este trabalho duas classes especiais de números *fuzzy* serão essenciais, são eles os números *fuzzy* triangulares (T.F.N.) e trapezoidais (Tr.F.N.).

2.2.5.2.1 Número Fuzzy Triangular (T.F.N.)

Um T.F.N., conforme visto na figura a seguir, pode ser definido como uma tripla (a_1, a_2, a_3) .

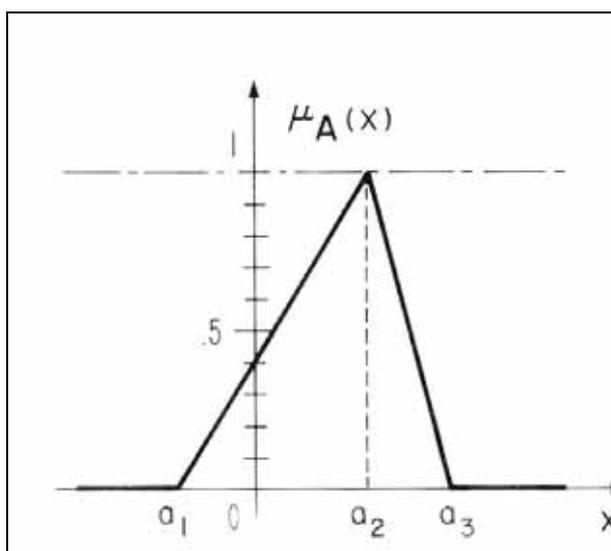


Figura 2.5 - Número Fuzzy Triangular (Kaufmann & Gupta, 1988)

Sua função de pertinência é definida da seguinte forma (KAUFMANN & GUPTA, 1988):

$$\begin{aligned}
 \mu_A(x) &= 0, \quad x < a_1 \\
 &= \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, \quad a_1 \leq x \leq a_2 \\
 &= \frac{a_2 - x}{a_3 - a_2}, \quad a_2 \leq x \leq a_3 \\
 &= 0, \quad x > a_3
 \end{aligned}
 \tag{2.29}$$

Alternativamente, definindo um intervalo de confiança num nível α , pode-se caracterizar o número *fuzzy* triangular como:

$$\forall \alpha \in [0,1]$$

$$A_\alpha = [a_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)}] = [(a_2 - a_1)\alpha + a_1, -(a_3 - a_2)\alpha + a_3]
 \tag{2.30}$$

Algumas propriedades importantes dos T.F.Ns são descritas a seguir.

- As operações de adição ou subtração de dois T.F.Ns resultam em um T.F.N.;
- As operações de multiplicação, inversão ou divisão de T.F.Ns não necessariamente resultam em um T.F.N.;
- As operações de máximo e mínimo de T.F.Ns não necessariamente resultam em um T.F.N.

Portanto, dados dois T.F.Ns, definidos por **A** e **B** por suas triplas $\mathbf{A} = (a_1, a_2, a_3)$ e $\mathbf{B} = (b_1, b_2, b_3)$, tem-se que:

– Adição:

$$\begin{aligned} \mathbf{A} (+) \mathbf{B} &= (a_1, a_2, a_3) (+) (b_1, b_2, b_3) \\ &= (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \end{aligned} \quad (2.31)$$

– Subtração:

$$\begin{aligned} \mathbf{A} (-) \mathbf{B} &= (a_1, a_2, a_3) (-) (b_1, b_2, b_3) \\ &= (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1) \end{aligned} \quad (2.32)$$

– Simetria:

$$-(\mathbf{A}) = (-a_3, -a_2, -a_1) \quad (2.33)$$

Para as operações de multiplicação, divisão e inversão, as triplas não podem ser usadas. Entretanto, a computação dessas operações pode ser feita utilizando-se os intervalos de confiança em cada nível α , detalhando-os para os valores extremos de α entre 0 e 1.

2.2.5.2.2 Numero Fuzzy Trapezoidal (Tr.F.N.)

Quanto aos Tr.F.Ns, suas propriedades são similares àquelas dos T.F.Ns, entretanto, quando $\alpha=1$, tem-se uma reta linear, ao invés de um ponto. O Tr.F.N., conforme visto na figura a seguir, pode ser completamente representado por uma quádrupla $\mathbf{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$.

Caracterizando um Tr.F.N. por um intervalo de confiança num nível α , tem-se:

$$\forall \alpha \in [0,1]$$

$$\mathbf{A}_\alpha = [(a_2 - a_1)\alpha + a_1, -(a_3 - a_2)\alpha + a_4] \quad (2.34)$$

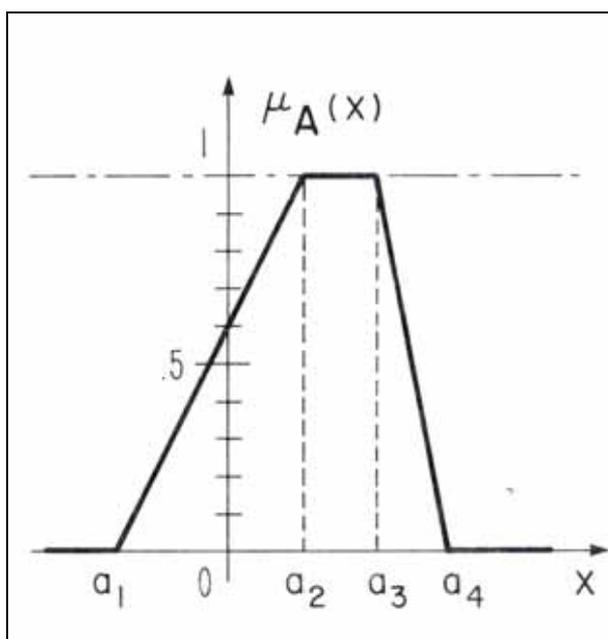


Figura 2.6 - Número Fuzzy Trapezoidal Kaufmann & Gupta, 1988)

Sua função de pertinência é caracterizada da seguinte forma (KAUFMANN & GUPTA, 1988):

$$\begin{aligned}
 \mu_A(x) &= 0, \quad x < a_1 \\
 &= \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, \quad a_1 \leq x \leq a_2 \\
 &= 1, \quad a_2 \leq x \leq a_3 \\
 &= \frac{a_4 - x}{a_4 - a_3}, \quad a_3 \leq x \leq a_4 \\
 &= 0, \quad x > a_4
 \end{aligned} \tag{2.35}$$

Conforme dito anteriormente, algumas propriedades importantes dos Tr.F.Ns são semelhantes as da T.F.Ns e, as equações 2.31 a 2.33 podem ser extendidas a esse caso, considerando agora uma quádrupla $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$.

2.2.5.3 Variáveis Linguísticas

O conceito de variável linguística é muito útil ao lidar com situações complexas ou mal-definidas para ser razoavelmente descrita em expressões quantitativas convencionais. Expressões do tipo “Provavelmente”, “Muito Provavelmente” são comumente utilizadas na vida das pessoas, sendo incorporadas a isso várias incertezas. Com diferentes tipos de

problemas de tomada de decisão de intensidades distintas, os resultados podem se tornar enganosos se a inexatidão de tomada de decisão humana não é levada em conta.

Segundo Zadeh (1975), é muito difícil para quantificações convencionais, expressar razoavelmente as situações que são complexas ou difíceis de definir, assim, a noção de uma variável linguística se torna necessária. Uma variável linguística, de acordo com Ertugrul (2010), é uma variável cujos valores são palavras ou frases numa linguagem natural ou artificial e, o seu conceito constitui um meio de caracterização aproximada de fenômenos que são demasiadamente complexos ou mal definidos, para serem passíveis de descrição em termos quantitativos convencionais.

Por exemplo, o peso é uma variável linguística e seus valores classificados como baixo, muito baixo, médio, alto, muito alto podem ser representados por um número *fuzzy*. Outro exemplo seria a idade. Esta pode ser caracterizada como uma variável linguística caso seus valores sejam assumidos como variáveis *fuzzy* rotuladas como jovens, não jovens, muito jovens, ao invés de números 0, 1, 2.

Um outro exemplo de variável linguística pode ser visto em Tsaur *et al.* (2002), onde a variável é a qualidade do serviço da empresa aérea. Isso significa a qualidade do serviço vivenciado pelos passageiros durante o voo realizado por companhia aérea. Os valores possíveis para esta variável poderiam ser: muito insatisfeito, não satisfeito, justo, satisfeito, e muito satisfeito. Os avaliadores foram convidados a realizar os seus julgamentos e, cada variável linguística pode ser indicada por um número *fuzzy* triangular dentro da faixa de escala de 0-100. Além disso, o avaliadores podem subjetivamente assumir seus próprios limites da variável linguística.

2.2.5.4 Defuzzificação

O resultado de uma decisão *fuzzy* sintética de cada alternativa é um número *fuzzy*. Portanto, defuzzificação é uma técnica para converter o número *fuzzy* em números reais. Existem vários métodos disponíveis para este objetivo e, dentre eles, pode-se dizer que a média do máximo, centro de área e um método de corte (Zhao & Govind, 1991) são as abordagens mais comuns.

Portanto, existe, na literatura, vários trabalhos que utilizam essa abordagem multicritério para analisar a performance do gerenciamento de projetos (MARQUES *et al.*, 2010). Entretanto, na área de desenvolvimento de *softwares*, é interessante utilizar esse métodos em conjunto com algumas métricas de *software*.

2.3 Métricas de Software

De acordo com Pressman (2002), métricas de projeto de *software* são medidas quantitativas que possibilitam a equipe de projeto de *software* ter uma noção básica da eficiência do processo de desenvolvimento de *software*. Além disso, são usadas para detectar áreas de problema, de modo que possam obter soluções para resolvê-las, e que o processo de desenvolvimento de *software* possa ser melhorado.

O *software* é medido por muitas razões: (1) indicar a qualidade do produto; (2) avaliar a produtividade das pessoas que produzem o produto; (3) avaliar os benefícios (em termos de produtividade e qualidade) derivados de novos métodos e ferramentas de *software*; (4) formar uma linha básica para estimativas; (5) ajudar a justificar os pedidos de novas ferramentas ou treinamento adicional (PRESSMAN, 2002).

Métricas de *software* podem ser categorizadas de forma semelhante às medições no mundo físico, sejam elas medições diretas ou indiretas. A fim de diferenciar medidas diretas e indiretas, Pressman (2002) categorizou-as da seguinte maneira:

- Medidas diretas do processo de engenharia de *software* incluem custo e esforço aplicados. Enquanto que medidas diretas do produto incluem linhas de código (*lines of code*, LOC) produzidas.
- Medidas indiretas do produto podem incluir funcionalidade, qualidade, eficiência, complexidade, confiabilidade.

De acordo com Hill *et al.* (2000), a eficiência das técnicas de gerenciamento de projetos depende da acurácia da estimativa de duração do projeto. Nesse contexto, várias técnicas têm sido utilizadas para estimar o esforço do projeto e a duração das atividades do mesmo, incluindo julgamentos de especialistas, modelos paramétricos, pontos por função, como também redes neurais.

Um dos mais conhecidos exemplos de modelos paramétricos é o COCOMO, proposto por Boehm (1981, *apud* Kemerer, 1987). Seu objetivo principal é determinar a estimativa de esforço e duração total do projeto, e não do seu tamanho, uma vez que os principais fatores do modelo são a estimativa do número de instruções fontes e o ambiente. Este último reconhece três tipos de modo de desenvolvimento, com cada um apresentando sua própria equação, onde os modos dependem da experiência da equipe e da natureza inovativa do projeto. Este método categoriza os projetos de *software* em três tipos fundamentais: modo orgânico, difuso e restrito. No primeiro, a maior parte das pessoas engajadas no projeto tem experiência prévia com sistemas similares na organização, bem como um completo entendimento de como o

sistema em desenvolvimento contribuirá para os objetivos da empresa. No difuso, a equipe mescla grande e pouca experiência com a aplicação e a tecnologia. Já no restrito, o produto deve operar dentro de um contexto complexo de *hardware*, *software*, regras e procedimentos operacionais.

Uma versão simplificada da equação da estimativa do esforço no COCOMO é definida da seguinte maneira:

$$H/M = C \times KDSI^k \quad (2.36)$$

Na equação anterior, H/M indica o número de pessoas por mês, C e k são constantes, KDSI milhares de instruções fontes (linhas de código).

O modelo SLIM foi proposto Putnam (1978, *apud Hill et al.*, 2000). Este modelo composto também é baseado em linhas de código, porém utilizando curvas de Rayleigh para modificar estimativas.

Análise de Pontos por função foi desenvolvida por Albrecht (1979, *apud Kemerer*, 1987), para quantificar o tamanho do sistema de *software* em aplicações de negócios. Pontos por função é uma alternativa para as linhas de código fonte em medir o tamanho de um sistema, capturando informações como número de entradas ou relatórios a serem avaliados. Existem 2 passos envolvidos na contagem de pontos por função: 1- contagem das funções dos usuários. 2 - ajuste para processamento da complexidade. Além disso, existem cinco categorias de funções do usuário: tipo de entrada externa, tipo de saída externa, tipo de arquivo lógico interno, tipo de arquivo de interface externa e tipo de inquérito externo. Este esforço, portanto, pode variar de acordo com o ambiente. Sendo assim, o autor propôs uma listagem com 14 fatores que devem ser designados numa escala de 0 (sem influência) a 5 (muita influência), com relação ao projeto. O próximo passo é calcular o fator de ajustamento da complexidade de acordo com a seguinte equação:

$$PCA = 0.65 \times 0.01 \sum_{i=1}^{14} c_i \quad (2.37)$$

De acordo com a equação acima, PCA (*processing complexity adjustment*) e c_i (*complexity factors*) são utilizados para a equação final de pontos por função.

$$FP = FC (PCA) \quad (2.38)$$

O resultado final é que pontos por função pode variar $\pm 35\%$ da contagem de função inicial, obtida no passo 1 na contagem de pontos por função.

A partir desse momento, o uso de método multicritério atrelado às métricas de *software* pode fornecer medidas que sejam fundamentais para o gerenciamento dos projetos de TI/SI.

2.4 Gerenciamento de Projetos

A globalização e a internacionalização dos mercados têm aumentado as pressões competitivas sobre as empresas. Isso tem levado essas empresas a se engajarem em projetos que são fundamentais para seu desempenho, se não à sua sobrevivência. Esses projetos, comuns em setores como serviços de engenharia, tecnologia da informação, construção e farmacêutico têm algo em comum: eles precisam ser gerenciados, ou seja, eles precisam ser planejados, organizados, monitorados, controlados e avaliados (RAYMOND & BERGERON, 2008).

Entretanto, o processo de trazer novos projetos em operação e para o mercado impõe exigências sobre as organizações estabelecidas e exige técnicas de gestão diferentes daquelas necessárias para manter as operações do dia-a-dia, pois de acordo com Lenfle (2008), o papel estratégico do desenvolvimento e inovação de novos produtos faz com que o desempenho do projeto torne-se uma preocupação central para os gestores de projetos. Sendo assim, ao longo dos últimos anos tem sido amplamente reconhecido que gerenciamento de projetos é uma ferramenta eficiente para lidar com atividades novas ou complexas, que é uma característica marcante dos projetos de TI.

O gerenciamento de projetos pode ser definido como o processo de controlar a realização dos seus objetivos, utilizando-se das estruturas organizacionais existentes e dos recursos, que visam gerenciá-lo através da aplicação de conhecimentos, de ferramentas e técnicas às atividades dos projetos, a fim de atender aos seus requisitos, sem causar perturbação na operação de rotina da empresa (KERZNER, 2006).

Para o PMI (2004), gerenciar projetos inclui a identificação das necessidades, estabelecimento de objetivos claros e alcançáveis, balanceamento das demandas conflitantes de qualidade, escopo, tempo, custo e adaptação das especificações, dos planos e da abordagem às diferentes preocupações e expectativas das diversas partes interessadas. Além disso, é realizado através da aplicação e da integração dos seguintes processos de gerenciamento de projetos: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento.

Segundo Munns & Bjeirmi (1996), a função de gerenciamento de projeto inclui definir as exigências de trabalho, estabelecer sua extensão, alocar os recursos necessários, planejar a execução, monitorar o andamento dos trabalhos e ajustar os desvios do plano de ação.

Com relação ao planejamento, Plaza & Turetken (2009) argumentam que este é um componente essencial da gestão de projetos. Para que os resultados destes sejam entregues dentro das restrições de tempo, orçamento e outros recursos, esforço e tempo são elementos cruciais na etapa de planejamento. Os planos de projetos são baseados em suposições feitas sobre um número de fatores externos e internos como a contínua avaliação do apoio à gestão e a performance do time do projeto. Inevitavelmente, há um certo grau de imprecisão nessas premissas, portanto, o gerenciamento vai além do planejamento e exige que o gerente monitore regularmente a execução e os progressos do plano e tome ações corretivas quando necessário. Esse aspecto do gerenciamento é conhecido como controle do projeto.

Portanto, sistemas de gerenciamento de projeto são necessários para fornecer informações para as equipes responsáveis pela tarefa de alcançar seus objetivos, fornecendo também um *feedback* em tempo real do desempenho de onde o projeto está em relação às suas metas, e onde ela deveria estar. Isto é devido à natureza dinâmica dos projetos que é influenciada não apenas por incertezas internas e externas, mas também pela necessidade de integrar informações, equipes e planos, acelerando o seu desempenho.

O sucesso de um projeto consiste na sua realização conforme o planejado em termos de custos, prazo e no nível de qualidade preestabelecido. Apesar de os *stakeholders* muitas vezes avaliarem os projetos por questões como terminar antes do prazo previsto ou abaixo do orçamento planejado, leva a uma falsa impressão de sucesso, mas esses fatos mostram apenas que houve um erro de percepção que levou a falhas no planejamento superestimando o tempo ou os recursos necessários.

Para ter sucesso no alcance dos objetivos, as empresas devem entregar os projetos dentro do prazo e do orçamento, além de atender às especificações exigidas. Apesar de que grandes quantidades de tempo e recursos são dedicadas à seleção e elaboração de projetos, continua a ser de suma importância que os mesmos sejam adequadamente gerenciados nas organizações para que possam atingir seus objetivos de desempenho (RAYMOND & BERGERON, 2008).

Para estimular o sucesso do projeto, o gerente e seu time podem adotar várias ações no âmbito técnico, organizacional e até mesmo comportamental. Dentre essas ações têm-se: selecionar corretamente os membros-chave do time do projeto; desenvolver um senso de

comprometimento em toda a equipe; coordenar e manter uma relação de respeito e cordialidade com o cliente, os fornecedores e outros envolvidos; determinar os processos que precisam de melhorias; desenvolver estimativas de custos, prazos e qualidade realistas; manter as modificações sob controle e evitar número excessivo de relatórios e análises.

De acordo com Kerzner (2006), a definição de sucesso como a realização dentro do prazo e do orçamento planejado, e com o nível de qualidade desejado apenas apresenta indicadores internos. Ainda segundo o autor, a moderna definição de sucesso é mensurada em termos de fatores primários e secundários. Podem ser considerados como fatores primários os indicadores já citados – tempo, custo e qualidade; e os fatores secundários são a aceitação pelos clientes, sucesso financeiro, alinhamento estratégico, reputação da empresa, proteção ambiental, entre outros.

Com isso, muitas empresas definem sucesso não apenas em termos de fatores críticos para o sucesso, mas igualmente pelos indicadores-chave de desempenho (KPI). Os fatores críticos de sucesso medem o resultado final percebido pelos clientes e identificam aqueles aspectos considerados essenciais para atendê-los, entre eles pode-se citar: cumprimento da programação, atendimento do orçamento, concretização da qualidade e aditivos de contrato. Existem também os fatores críticos para o fracasso, que criam obstáculos ao eficaz gerenciamento de projetos, sendo uma informação tão útil quanto os fatores que levam ao sucesso.

Esses indicadores-chave de desempenho medem a qualidade do processo utilizado para alcançar os resultados finais, ou seja, são indicadores internos que podem ser modificados ao longo do ciclo de vida dos projetos. Alguns desses indicadores-chave são: utilização de metodologia de gestão de projetos; estabelecimento dos processos de controle; uso de indicadores; envolvimento do cliente e a qualidade dos recursos aplicados versus o planejado (KERZNER, 2006).

Conforme se pode perceber, o gerenciamento de projetos traz diversos benefícios para a organização e apresenta a vantagem de não ser restrito a projetos grandiosos. É eficaz para se obter os resultados com a qualidade esperada, dentro do prazo e do orçamento previsto. A utilização de técnicas e ferramentas de gestão de projetos aperfeiçoa a alocação de recursos; evita surpresas durante a execução do projeto através da gestão de riscos com planos de contingências; permite desenvolver um diferencial competitivo e novas técnicas, uma vez que existe uma metodologia estruturada, acelera as decisões e facilita as estimativas para projetos futuros visto que as informações estão documentadas e disponíveis.

Apesar dos grandes benefícios trazidos pelo projeto, muitas falhas acontecem e levam ao seu fracasso. As causas que levam ao fracasso podem ser evitadas, se forem do controle da organização, ou minimizadas, quando estão fora do controle da organização através de um gerenciamento eficiente dos riscos. A maioria dos insucessos dos projetos provém de falhas gerenciais que poderiam ser evitadas, como:

- Projeto baseado em dados insuficientes ou inadequados;
- Não conhecimento dos pontos-chave do projeto.

Com isso, segundo Mahaney & Lederer (2010), completar os projetos dentro do prazo previsto, dentro do orçamento e com qualidade é um grande desafio para os atuais gerentes. Sabendo-se das complexidades das atividades de gerenciamento de projetos, muitos deles são cancelados antes de sua conclusão, enquanto tantos outros excedem os seus orçamentos. De acordo com Marshall (2006, *Apud Plaza & Turetken*, 2009), este é um relevante e importante problema no desenvolvimento de *software*, onde foi relatado que 18% dos projetos são prematuramente cancelados, e 53% deles excedem o seu custo, cronograma e restrições de escopo.

Sendo assim, apesar de avaliações de custos de desenvolvimento de *softwares* serem caracterizadas por certo grau de incerteza, existem vários outros problemas no ciclo de vida de desenvolvimento de um sistema de *software*, como prazos não cumpridos, aumento de custos, ineficiência e abandono (LEE, 1996).

Essas incertezas, de acordo com Glass (2001), correspondem ao problema em que a maioria das estimativas de *software* é desenvolvida no início do processo de desenvolvimento do *software*, antes do problema ser completamente entendido. Além disso, essas estimativas não são desenvolvidas por pessoas que irão participar do desenvolvimento do mesmo ou pelos seus gerentes, mas sim por um gerente sênior.

Sendo assim, vários projetos são concluídos após as datas previstas ou terminam sem atingir a qualidade esperada. Este problema é especialmente grave, também, para os projetos de sistemas de informação (SI), talvez porque a tecnologia da informação muda tão rapidamente que novos projetos estão continuamente utilizando tecnologias pouco conhecidas e, talvez, porque os provedores de sistemas de informação e os usuários têm muita dificuldade para entender as necessidades do outro (MAHANNEY & LEDERER, 2010).

Portanto, o gerenciamento eficaz da gestão de projetos é crucial para o desenvolvimento e sobrevivência de qualquer economia, pois o desenvolvimento está atrelado ao crescimento e o crescimento esta relacionado a uma série de projetos gerenciados com sucesso. Entretanto,

neste mundo altamente competitivo, as organizações do projeto são forçadas a procurar instrumentos científicos que os ajudem na avaliação dos mesmos (DWEIRI & KABLAN, 2006).

Seguindo esse raciocínio, Toni & Tonchia (2001) comentam que pesquisas anteriores têm sugerido que as organizações devam adotar novas medidas e técnicas de desempenho multidimensional para a gestão de projetos. Vários trabalhos (Barad & Raz, 2000; Bryde, 2003) de pesquisa têm sido feitos, mas este campo é tão dinâmico que todos os estudos mostram diferentes perspectivas sobre o assunto. Desde o seu início na literatura e sua aplicabilidade, o mundo tem mostrado um enorme progresso no que tange à gestão de projetos, visto que eles têm assumido maior importância nas empresas, que têm passado por um processo de transformação, organizando-se para poder dar respostas eficazes e ágeis às questões ambientais e organizacionais (QURESHI *et al.*, 2009)

Ao longo do tempo, percebeu-se que o uso de técnicas de controle de custos e de tempo, e gerenciamento de riscos poderiam ser aplicados trazendo uma gama de benefícios advindos do gerenciamento de projetos grandes e complexos, como por exemplo, o desperdício de recursos (Ebert, 1999), aumentando ainda mais a ênfase na gestão do desempenho dos projetos.

Entretanto, como o desempenho é algo intangível, especialmente no caso da gestão do desempenho dos projetos, escolher as ferramentas para avaliar o desempenho tornou-se também é um trabalho difícil, como escolher um *framework* para avaliar os fatores tais, que os desempenhos possam ser avaliados (QURESHI *et al.*, 2009).

Outra característica bastante importante é a de que todo projeto necessita do estabelecimento de valores para prazo, custos, pessoas, material e equipamentos envolvidos, como também a qualidade desejada para o projeto.

Por fim, de acordo com Qureshi *et al.* (2009), muitas organizações do mundo corporativo estão reivindicando que tanto o gerenciamento de seus projetos, como o desempenho deles está caracterizado como eficaz e excelente. Apesar disso, inúmeras organizações ainda ignoram investir na avaliação do desempenho de gerenciamento de seus projetos.

2.5 Síntese sobre a Fundamentação Teórica

Na Fundamentação Teórica foram apresentados alguns conceitos que são utilizados, nesse trabalho, e servem como um embasamento para a proposição do modelo de avaliação de

projetos de TI/SI. Primeiramente foi definido o que significa a TI e como ela pode ajudar no desenvolvimento de projetos. Em seguida foram analisados alguns métodos de decisão multicritério que serão utilizados na aplicação do modelo, bem como métricas de *softwares*. Por fim, foi feita uma análise sobre a gestão de projetos.

O modelo proposto neste trabalho utiliza a abordagem multicritério conjuntamente com métricas de *software* a fim de avaliar o desempenho dos projetos de TI/SI.

O quadro abaixo resume os métodos vistos, apresentados neste capítulo e que serão utilizados na aplicação do modelo.

Modelagem Multicritério	
SMARTS/SMARTER	Método de agregação com função valor aditiva para obtenção da utilidade multiatributo
TOPSIS	Método de agregação com função valor aditiva, que situa as alternativas em relação aos pontos de referência: ideal e anti-ideal
PROMÉTHÉE	Baseia-se na construção de uma relação de sobreclassificação, agregando informações entre alternativas e critérios.
Procedimento Simos	Técnica para permitir que um decisor, não necessariamente familiarizado com apoio a decisão multicritério, pense sobre e expresse a maneira de como ele gostaria de hierarquizar diferentes critérios de uma família num dado contexto
Lógica Fuzzy	Formulação de problemas de decisão, onde as informações disponíveis são subjetivas e imprecisas.
Métricas de Software	
Cocomo	Determinar estimativas de esforço e duração total do projeto, e não do seu tamanho.
Pontos por Função	Quantificar o tamanho do sistema de <i>software</i> em aplicações de negócios,

	capturando informações como número de entradas ou relatórios a serem avaliados.
--	---

3 REVISÃO DA LITERATURA E PESQUISA DE CAMPO

Para entender o foco principal deste trabalho sobre análise de desempenho de projetos, é preciso entender os aspectos que se relacionam com esse tema. Portanto, neste capítulo serão apresentados alguns trabalhos sobre avaliação, gerenciamento e desenvolvimento de medidas de desempenho de projetos. Alguns destes, conforme poderá ser visto, utilizam-se de métodos multicritérios para a avaliação de performance dos projetos. Com o intuito de analisar aspectos do contexto prático de gerenciamento de projetos das empresas de desenvolvimento de software, foi feita uma pesquisa de campo realizada no Porto Digital, Recife-PE. Esta, além de evidenciar as dificuldades sobre gerenciamento de projetos, serviu como suporte à definição de alguns critérios a serem avaliados no modelo proposto neste trabalho.

3.1 Avaliação de Projetos

Devido à complexidade do atual ambiente de negócios, gerentes e analistas precisam tomar decisões rápidas, alocar recursos escassos de forma eficiente e ter um foco claro. Em organizações que estão envolvidas com vários projetos simultaneamente, o gerenciamento é visto como múltiplos desafios (ELONEN & ARTTO, 2003). Diante dessa situação e, com o mundo cada vez mais competitivo, as organizações têm buscado ferramentas científicas para ajudar nas avaliações de seus projetos, visto que o papel que um projeto pode desempenhar nas estratégias das empresas é bem reconhecido em vários segmentos (CRAWFORD & BRYCE, 2003).

Portanto, como vários projetos estão sendo conduzidos ao mesmo tempo dentro de uma empresa, uma gestão eficaz é crucial para desenvolvimento e sobrevivência de qualquer economia, pois desenvolvimento é crescimento e crescimento é uma série de projetos gerenciados com sucesso. De acordo com Martinsuo & Lehtonen (2007), essa demanda de vários projetos pode estar inserida na gestão de portfólio de projetos, quando estes dividem e competem pelos mesmos recursos e são realizados na gestão de uma organização. Sendo assim, antes de uma organização decidir um método adequado para avaliação de investimentos em projetos de TI, é importante que ela entenda a natureza do seu projeto.

Uma forma de solucionar esse problema é classificar os projetos de acordo com suas prioridades. Nesse sentido, Joshi & Pant (2008) desenvolveram uma tipologia para classificar os projetos de TI com base nos critérios que elas possuem para adotá-los. A estrutura é baseada na classificação dos projetos de TI ao longo de uma dimensão

discretionary–mandatory em quatro grupos de classificação dos investimentos em TI: *purely discretionary (PD)*, *mainly discretionary (MD)*, *mainly mandatory (MM)*, and *purely mandatory (PM)*. Um conjunto de fatores foi identificado que pode influenciar a classificação final de um projeto de TI em um dos quatro tipos. Esta classificação é usada para se chegar a técnicas e métodos apropriados para avaliação de investimentos em TI, como por exemplo, os autores sugerem critérios rigorosos de avaliação financeira de projetos *discretionary*, permitindo uma determinação adequada do processo de avaliação e fazer uma avaliação mais eficiente dos resultados como mostrado na seguinte tabela:

Tabela 3.1 - Classificação dos Projetos (Joshi & Pant, 2008)

Nível de Critério	PD	MD	MM	PM
Características do Projeto	Total flexibilidade para executar e terminar o projeto	Algumas compulsões não-econômicas, tais como atividades simultâneas para aprovação do projeto.	Opção pelo fim do período de execução, por outro lado, compulsão irresistível de aprovação do projeto.	Nenhuma flexibilidade para aprovação do projeto ou para o período de implementação.

Para melhorar a gestão e eficiência, muitas organizações, atualmente, têm adotado práticas de gerenciamento de múltiplos projetos. De acordo com Patanakul & Milosevic (2009), uma maneira comum de fazer isso é ter um gerente controlando vários projetos simultâneos. Não apenas o gerente, como também o time, também é responsável por produzir os resultados dos projetos, sendo, portanto, instado a estar sempre atualizado com os objetivos do projeto e com as medidas de eficiência interna dos projetos (DWEIRI & KABLAN, 2006).

De acordo com Korhonen (1992), o gerenciamento de projetos tem se tornado muito popular e, atualmente, existem vários métodos e boas práticas que promovem visões particulares desse gerenciamento. Muitos desses métodos são baseados em medidas de performance dos projetos em um nível mais operacional, que são as tarefas.

Conforme pode ser visto em Munns & Bjeirmi (1996), a performance de um projeto pode ser avaliada na implementação, interessado com as técnicas de gerenciamento, nos valores percebidos, através da interação do usuário na sua fase de utilização e, por fim, na satisfação do cliente.

Portanto, avaliar a performance de um projeto é, provavelmente, uma das ações mais importantes que se deve fazer para alcançar o sucesso. Os instrumentos que apóiam esse processo são chamados de Sistemas de Medidas de Performance. De uma maneira geral, esses

instrumentos podem ser vistos como instrumentos multicritérios feitos por expressões de desempenho (LAURAS *et al.*, 2010). Sendo assim, a avaliação de performance é utilizada tanto para modelar como para controlar um sistema existente, tornando-se um elemento especial para um planejamento e controle efetivo, assim como para o processo de tomada de decisão.

Alguns autores, como Grey (1995, *apud* Lauras *et al.*, 2010), defendem o uso de um relatório de avaliação de risco para completar um sistema de gerenciamento de performance de projeto, visto que este fornece as informações necessárias para iniciar as ações de correção de problemas potenciais.

Não se pode deixar de falar em qualidade quando se fala em avaliação de projetos, pois este termo tem sido extensivamente estudado em operações repetitivas. A incerteza e a dinâmica dos projetos desafiam os princípios de qualidade desenvolvida para operações repetitivas, e exigem soluções sob medida. Nesse contexto, Geraldi *et al.* (2011), exploraram os atributos de qualidade nos projetos, com base em entrevistas realizadas dentro de uma empresa de serviços de TI de grande porte. Uma avaliação geral dos atributos de qualidade por meio dos estudos de Geraldi *et al.* (2011) pode ser visto na tabela abaixo.

Tabela 3.2 - Visão geral dos atributos de qualidade (Geraldi *et al.*, 2011)

Atributo Qualidade	Definição	Descrição
Compromisso com qualidade	Noção obrigatória para um curso de ação	Conscientização sobre a qualidade: melhorar continuamente, obter o projeto corretamente na primeira vez, corrigir o problema se/quando necessário
Ativando a Capacidade	Noção de tornar disponíveis os recursos para os projetos	Fornecimento de permissão de capacidade, como recursos, ferramentas e processos.
Exaustividade e clareza	Noção de ser um plano previsível, detalhado e inequívoco	Acurácia e precisão, estabilidade e segurança.
Integração	Noção de combinar uma comunicação com o todo	Comunicação interna e externa: estabelecer e manter relacionamentos, deixar os <i>stakeholders</i> informados.
Adaptabilidade	Noção de identificar e gerenciar mudança	Gerenciamento de mudança: capacidade de resposta, robustez
Conformidade	Noção de agir de acordo com certos padrões	Agir de acordo com os padrões aceitos: processos, regras, procedimentos e rotinas
Reunir requisitos de valor agregado	Noção de entregar o que foi acordado, alcançando sucesso em curto prazo	Eficiência do projeto: custo, tempo e escopo. Impacto nos <i>stakeholders</i> .

3.1.1 Fatores de Sucesso de Projetos

É sabido que um projeto possui algumas características específicas. Além de ser único e limitado durante o período de tempo, possui conteúdo singular e escopo. Entretanto, cada um difere do outro em relação aos seus objetivos, atividades e recursos. Portanto, diferentes definições do projeto podem justificar diferentes critérios de sucesso (YU ANGUS *et al.*, 2005).

De acordo com Dweiri & Kablan (2006) as atividades de gerenciamento de projetos que utilizam apenas medidas de tempo, custo e qualidade podem apresentar problemas. Diante dessa situação, as áreas cobertas pelo gerenciamento de desempenho dos projetos devem ser as mais completas possíveis.

Muitos autores tentaram estudar os fatores de sucesso do projeto (Shenhar *et al.*, 1997) com alguns apontando que esse conceito de sucesso se torna ambigualmente definido. Consideram também que os fatores de tempo, custo e a qualidade são os fatores essenciais para o sucesso ou como medida de performance interna dos projetos (BACCARINI, 1999). Destaca-se ainda que a satisfação do cliente deva ser considerada como um importante fator de sucesso do projeto. Sendo assim, Baccarini (1999) faz uma distinção entre três conceitos importantes relacionados para o sucesso do projeto:

- Sucesso do gerenciamento de projeto: Trata-se do processo do projeto desde o seu início até sua entrega ao cliente. O foco está sobre os critérios de curto prazo, concentrando-se no *tradeoff* de tempo, orçamento e qualidade, bem como na satisfação das partes interessadas do processo que, neste caso, são o cliente e a equipe do projeto.
- Sucesso do produto: Este trata dos efeitos do produto final do projeto, na fase pós-projeto. No entanto, o foco recai sobre os critérios de longo prazo, concentrando-se no alcance dos objetivos estratégicos organizacionais do proprietário do projeto (rentabilidade, *market-share* e no avanço da tecnologia) e a satisfação das necessidades do produto pelo usuário, ou seja, aptidão para o uso. Os interessados nesta fase são os usuários do produto e o proprietário do projeto.
- Sucesso do projeto: Esta é uma combinação do sucesso do gerenciamento do projeto e no sucesso do produto. Deve-se salientar que alguns projetos podem atender a critérios de sucesso na gestão do projeto como custo, tempo e qualidade e ainda apresentar falhas do produto. Por outro lado, alguns projetos

não cumprem os critérios de sucesso da gestão do projeto, mas que são sucesso de um produto.

Conforme essa distinção, Dweiri & Kablan (2006), argumentam que o sucesso no gerenciamento de projeto pode contribuir positivamente no sucesso do produto, porém isso não se torna uma garantia.

Sendo assim, de acordo com Swink *et al.* (2005), os fatores críticos de sucesso podem ser descritos como as características, condições ou variáveis que podem ter um impacto significativo sobre o sucesso do projeto quando devidamente sustentadas, mantidas ou geridas.

Entretanto, segundo Agarwal & Rathod (2006), o sucesso é conhecido como algo relativamente raro no mundo do desenvolvimento de *software*. Uma possível razão para isso pode ser a diferença na percepção do significado de sucesso nas mentes das pessoas que avaliam o desempenho do projeto. Geralmente, os *stakeholders* externam às organizações o uso do custo e tempo para inferir o sucesso, enquanto às pessoas mais internas dos projetos concordam que a realização do desenvolvimento do escopo decide esse sucesso. Sendo assim, no trabalho de Agarwal & Rathod (2006) foram examinados os pontos de vista de um projeto bem sucedido, de um conjunto das partes interessadas, tais como os programadores, desenvolvedores, gerentes de projeto e encontrou-se certa uniformidade entre as partes, considerando que o entendimento do escopo dos projetos de *software*, que inclui a funcionalidade e a qualidade, como o maior determinante de sucesso. Eles acreditam que essa visão dos projetos de *software*, aos olhos dos desenvolvedores de sistemas, deveria ser mais estudada para construir um *framework* de avaliação do projeto, utilizando-se objetivos externos, como satisfação do cliente.

3.2 Medidas de desempenho de projetos

De acordo com Swink *et al.* (2005), a eficácia de um projeto é o grau em que os gestores fazem o uso de técnicas que melhoram a eficiência da execução do projeto. Dweiri & Kablan (2006) alegam que as métricas e ferramentas padrões de gerenciamento do desempenho de projetos impactam na metodologia padrão de gerenciamento de desempenho, que por sua vez influenciam no seu sucesso. Mesmo assim, existem, na literatura, vários trabalhos que focam nas medidas de desempenho de projetos, conforme mostra a seguir.

Lauras *et al.* (2010) propõem um método de avaliação do desempenho adequado à criação de um sistema de medida de performance de projeto que pode consolidar todas as

boas práticas em termos de desempenho do projeto. Além disso, visam propor uma forma de agregar as medidas de performance multicritério. Este trabalho discute a dificuldade de controlar um projeto complexo utilizando um grande número de indicadores de desempenho. Os autores observaram vários aspectos críticos para o problema, visto que existem muitas dimensões para avaliar o desempenho (custo, tempo, qualidade, risco, etc). Não obstante, os fatores de desempenho devem ser capazes de ser agregados para controlar o projeto, porém, segundo os autores, não existe instrumento formalizado para fazer isso. Sendo assim, eles sugerem um método para facilitar a análise do desempenho através de uma abordagem multicritérios. O método foca três eixos particulares para a análise, que são: as tarefas do projeto, a categoria dos indicadores de desempenho e uma estrutura baseada na eficácia, eficiência e relevância. Por fim, o método MACBETH é usado para agregar as expressões desempenho do projeto.

Em outro trabalho, Dweiri & Kablan (2006) apresentam uma abordagem que utiliza um sistema de tomada de decisão baseado na lógica *fuzzy* para quantificar a eficiência interna no gerenciamento de projetos. A avaliação dessa eficiência pode servir para gerentes e para as organizações do projeto como um indicador do nível de realização dos objetivos internos do gerenciamento de projeto, como também serve para auxiliar na avaliação do desempenho das equipes.

De acordo com os autores, as aplicações específicas da lógica *fuzzy* em gerenciamento de projetos são relativamente poucas em comparação com outras áreas de aplicação. Dweiri & Kablan (2006) consideraram os critérios de custo, tempo e qualidade do projeto para serem consideradas como medidas internas de eficiência na gestão de projetos. Sendo assim, o foco do trabalho deles foi apresentar uma abordagem que emprega tomada de decisão *fuzzy* para combinar estas três medidas em uma única medida, chamada de Eficiência Interna da Gestão de Projetos, que deve representar uma estimativa global de como o projeto foi gerenciado e executado.

Segundo Dweiri & Kablan (2006), para utilizar a lógica *fuzzy* no apoio a tomada de decisão para avaliação da eficiência interna do gerenciamento de projetos (EIGP), devem ser seguidos os seguintes passos:

- Encontrar todos os fatores que afetam a eficiência do gerenciamento de projetos. De acordo com Dweiri & Kablan (2006), os critérios que afetam a avaliação são custo, tempo, qualidade e seus respectivos pesos. Para os pesos, o somatório dos mesmos deve ser igual a 1.

- Desenvolver um subconjunto *fuzzy* e as funções de pertinência para cada variável de entrada e saída utilizando conhecimento e experiência dos especialistas.
- Determinar as regras de decisão SE-ENTÃO que governam o relacionamento entre as variáveis de entrada e saída.
- Referir os valores de entrada para seus conjuntos *fuzzy* e aplicar as regras de decisão.
- Compor os resultados *fuzzy* para a saída e usar algum método de defuzzificação para obter um valor para a variável de saída.

Com relação aos critérios utilizados para seleção de projetos, Jiang & Klein (1999), conduziram uma pesquisa de campo e concluíram que as organizações que têm expectativas com a importância futura da área de TI/SI dependem fortemente de metas organizacionais, apoio gerencial e fatores ambientais. Enquanto isso, organizações com menor importância estratégica dos SI dependem mais do apoio gerencial, considerações políticas e riscos. Com esses resultados, os autores permitem aos gerentes atribuir critérios de seleção de projetos de acordo com seu uso estratégico do SI.

Qureshi *et al.* (2009) propuseram um modelo, utilizando seis critérios (liderança, recursos humanos, políticas e estratégias, recursos, processo do ciclo de vida, indicadores-chave de performance), baseado no modelo de excelência *European Foundation of Quality Management*, que avalia o nível de impacto desses critérios sobre o desempenho do gerenciamento de projetos.

Já em relação à avaliação de riscos em projetos, Lee (1996) além de construir um modelo de estrutura de risco no desenvolvimento de *software*, também avaliou a taxa de risco agregativa utilizando a teoria da lógica *fuzzy* e da análise de estruturas hierárquicas.

Para estabelecer um modelo de estrutura hierárquica de risco agregativa, Lee (1996) classificou os fatores de risco em seis atributos. Além disso, dividiu cada atributo em alguns aspectos de risco, conforme pode ser visto na figura a seguir.

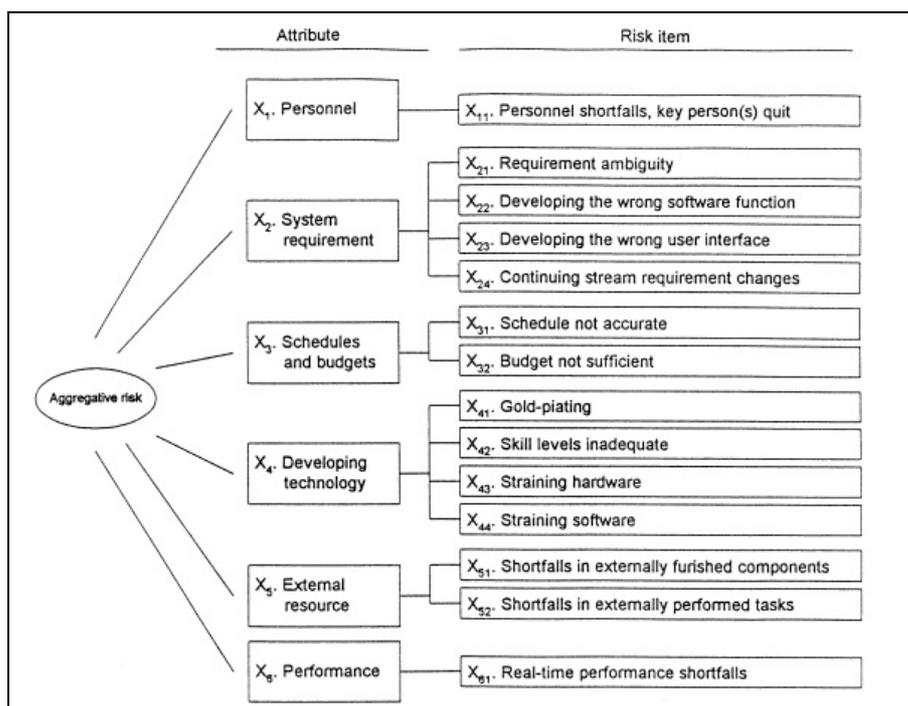


Figura 3.1 - Atributos dos riscos (Fonte: Lee (1996))

Neste caso, uma vez que o grau do risco e o grau de importância de cada item de fator de risco são determinados pelo gerente de projeto, de acordo com sua análise do risco, atribuindo-se um conjunto de pesos para os atributos e conjunto de pesos aos itens, e um conjunto de números inteiros com o grau de risco e o grau de importância de cada item de risco, então o gerente pode avaliar a taxa de risco agregativa.

Segundo o autor, o modelo de estrutura para avaliar a taxa de risco agregativa é muito útil no ciclo de vida de desenvolvimento de *software*. Sendo assim, ao avaliar a taxa de risco agregativa, podem-se ajustar os pesos ou graus dos fatores, para que se tome a decisão de aceitá-lo ou não.

Enquanto isso, Chen (2001) apresentou um novo algoritmo para avaliar a taxa de risco agregativa em desenvolvimento de *software* sob a tomada de decisão em grupo baseada na lógica *fuzzy*. O algoritmo proposto foi uma evolução do proposto por Lee (1996). Ele tem as vantagens de não precisar formar as matrizes de avaliação *fuzzy* para os atributos e não precisar executar as operações complexas de defuzzificação dos números *fuzzy*, usando o método centróide.

3.3 Pesquisa de campo sobre Gestão de Projetos nas empresas de TI/SI do Porto Digital, Recife-PE

A pesquisa foi desenvolvida mediante a aplicação dos conhecimentos disponíveis, a utilização cuidadosa de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos, até a satisfatória apresentação dos dados.

A pesquisa de campo desenvolvida buscou explorar o ambiente de gerenciamento de projetos em empresas desenvolvedoras de *softwares* da Região Metropolitana do Recife (RMR). A RMR foi escolhida por nela encontrar-se um importante pólo tecnológico, onde convive um grande número de empresas fornecedoras de soluções em TI/SI que atuam no mercado nacional e internacional. Sendo este ambiente representativo da prática de gestão de projetos de TI/SI.

Os resultados obtidos com a pesquisa não têm a pretensão de ser generalizados para todas as empresas do setor, mas serviram como base para definição dos critérios que serão utilizados no modelo de decisão proposto, reforçando o que já havia sido encontrado na literatura.

3.3.1 Instrumento de Pesquisa

O principal instrumento utilizado na pesquisa de campo foi o questionário. Este foi elaborado partindo-se do conhecimento sobre Tecnologia da Informação, seguido de acentuadas discussões entre os envolvidos na pesquisa. Seu uso, através de *emails*, foi feito em virtude de possíveis indisponibilidades dos gerentes em realizar quaisquer tipos de entrevistas.

Foram formuladas 48 perguntas que foram distribuídas em 32 itens. As perguntas foram criadas visando identificar características importantes das empresas de TI, tais como: o perfil, faturamento, quantidade de computadores, servidores, profissionais e para questões relacionadas com as dificuldades de gerenciamento de projetos. O questionário pode ser consultado no Apêndice 1 deste trabalho.

A consolidação de todas as respostas preenchidas foi feita por meio de uma planilha eletrônica. Nesta planilha, foram dispostos todos os dados coletados para cada uma das empresas e, então, foi realizada a análise de dados.

3.3.2 Características da Amostra

A maioria das empresas entrevistadas é ligada ao Parque Tecnológico do Porto Digital, localizado no Bairro do Recife Antigo, na cidade de Recife-PE. São empresas que atuam no ramo de desenvolvimento de *software*, jogos, consultoria, dispositivos móveis e etc.

Atualmente o Porto Digital compreende aproximadamente 120 empresas, dentre as quais, 10 fizeram parte da pesquisa, o que pode vir a ser uma limitação do trabalho. Esta pode ter sido ocasionada pelo fato do questionário conter informações que podem ser consideradas sigilosas pelas empresas. Antes de iniciar a análise dos dados, foi feita uma validação da amostra com o objetivo de eliminar os casos com informações incompletas e possíveis erros de digitação. A análise dos dados está restrita a uma estatística descritiva das informações obtidas.

3.3.3 Apresentação dos dados e análise dos resultados

Dentre as empresas pesquisadas, 60% começaram suas atividades na década atual. Essa situação se deve ao crescimento do pólo de informática do estado com a instalação do complexo do Porto Digital, além de maiores incentivos fiscais aplicados a partir dos últimos 10 anos, criando condições estimulantes à instalação de novas empresas.

As empresas de TI/SI apresentam a característica de possuírem muitas vezes, um portfólio variado de serviços. Devido a isto, ao responderem ao questionário (Apêndice 1) os gestores poderiam selecionar mais de uma opção para representar a área de atuação de sua empresa. A figura 3.2 abaixo mostra as respostas obtidas.

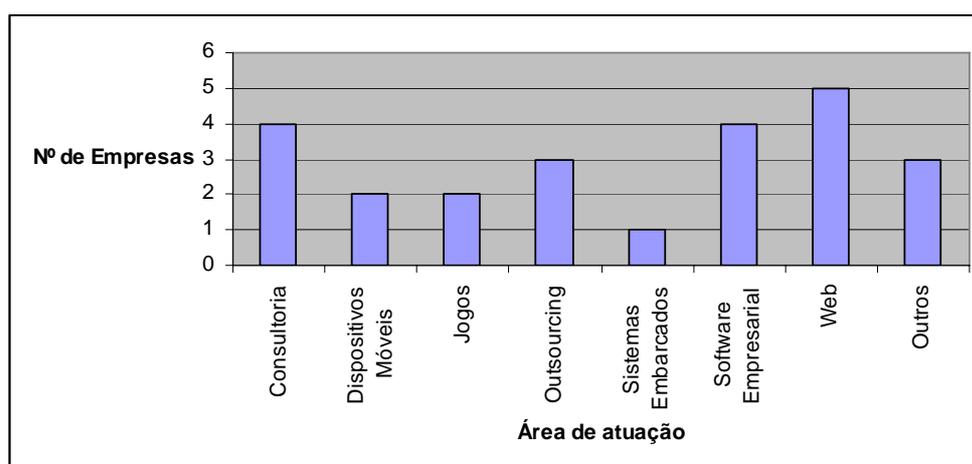


Figura 3.2 - Áreas de atuação das empresas pesquisadas

A maior participação da área de atuação das empresas pesquisadas foi na Web, com cinco empresas atuando nessa área. Tal fato é reflexo do mundo virtual, que está em constante expansão, o que acaba por fornecer diversas oportunidades para empresas exercerem atividades neste meio. Outras áreas também tiveram resultados expressivos, como Consultoria, com participação de quatro empresas, o mesmo resultado também obtido pela área de *Software* Empresarial. Setores como o de jogos e o de dispositivos móveis são destaque no pólo de informática do Estado, por representarem pontos de referência para o Brasil e o mundo.

Em relação ao faturamento anual das empresas pesquisadas, os resultados estão apresentados na figura abaixo, divididos em seis categorias.

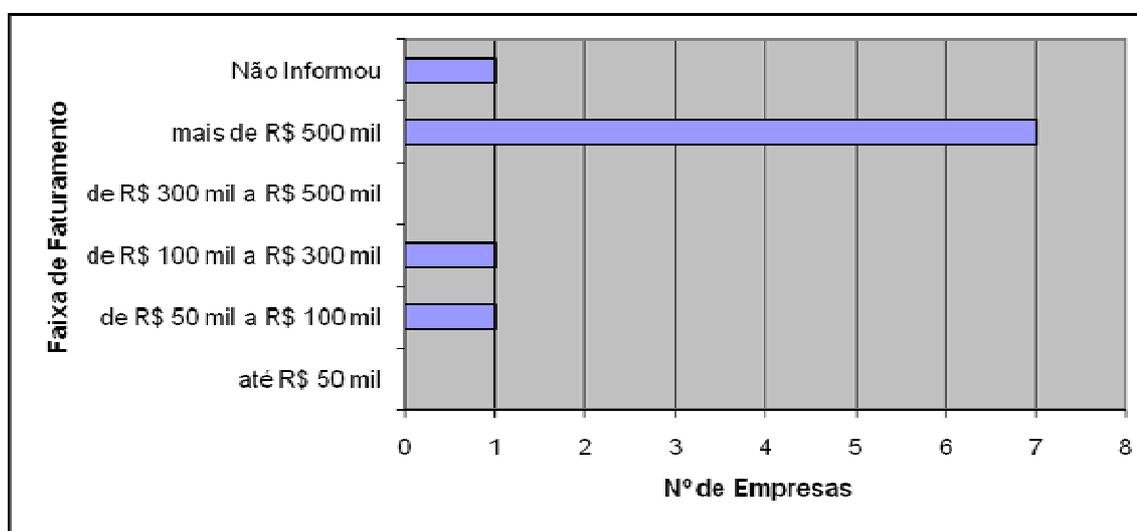


Figura 3.3 - Número de Empresas por Faixa de Faturamento Anual

Dentre as empresas pesquisadas, sete, ou seja, 70% possuem um faturamento maior que 500 mil reais, o que revela o perfil de pequena e média empresa das organizações pernambucanas de TI.

No que tange os Recursos Humanos, as empresas de TI possuem um diferencial ainda maior que outros setores econômicos, pois boa parte do seu quadro de funcionários, contratados e estagiários, atua diretamente com TI, exigindo uma melhor qualificação e maior tempo de preparação desta mão de obra. Estas exigências fazem deste setor, um dos que mais oferece oportunidades de emprego na atualidade, tendo em vista a escassez de pessoal qualificado para atuar num ambiente com atualizações constantes e necessidade de uma visão global de negócio.

Para entender melhor o nível de esforços das empresas nesta área de extrema importância para qualquer organização, foi questionado aos gestores que faixa do percentual do orçamento de TI é gasto com alocação do pessoal da equipe de TI (cursos, treinamentos, contratações, etc), os resultados são apresentados abaixo na figura 3.4.

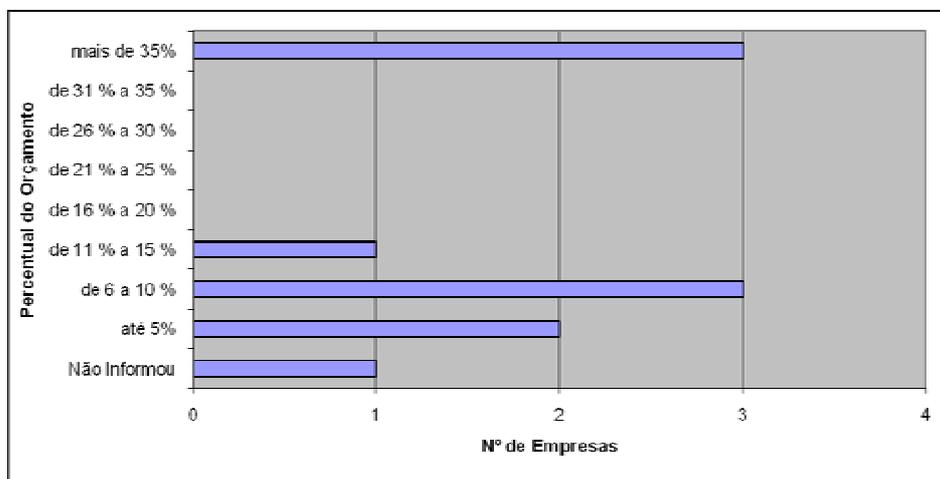


Figura 3.4 - Faixa do Percentual do orçamento de TI gasto com alocação do pessoal da equipe de TI

A pesquisa revela que existe uma variação no nível de investimento que cada empresa aloca a esta área, mas fica evidente a preocupação com este, que é um dos principais “gargalos” para a manutenção e crescimento dos negócios das empresas.

No que se refere a novas contratações de funcionários de TI, a perspectiva dos gestores para 2010, é representado na figura 3.5 abaixo.

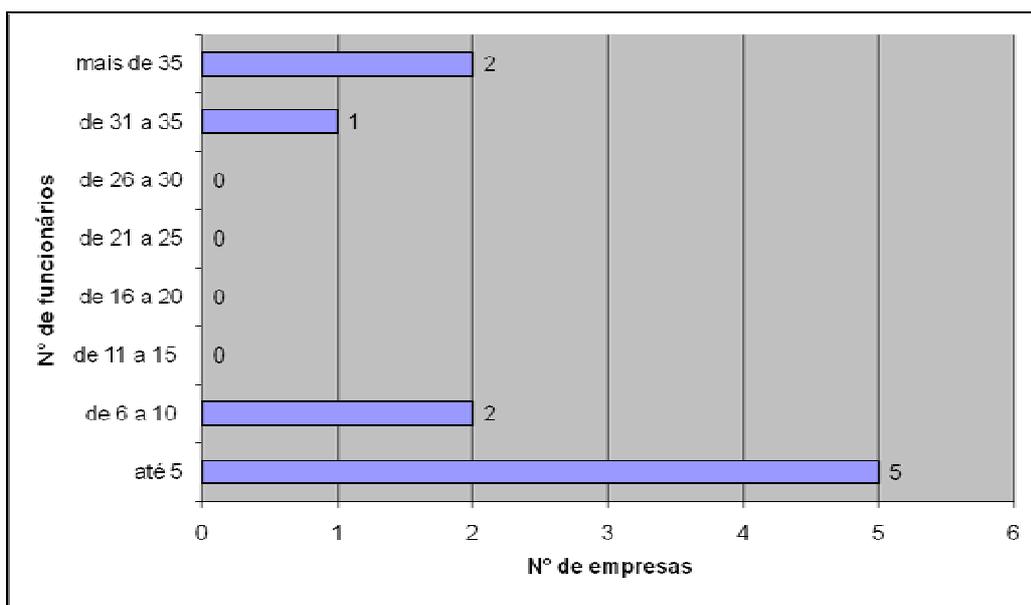


Figura 3.5 - Perspectiva de Contratação de Funcionários de TI em 2010

O bom momento para empresas de TI, puxado pelo crescimento da economia pernambucana e brasileira, exige das organizações maiores investimentos em pessoal, com contratações, para assim alcançar novas oportunidades de um mercado em expansão. Das empresas pesquisadas, 50%, dos gestores informaram que pretendem contratar até cinco novos funcionários, 20% de 6 a 10 funcionários, 10% de 31 a 35, e 30 % pretendem contratar mais de 30 funcionários.

Outro ponto a se destacar nas atividades das empresas de TI é estrutura conceitual aplicada para gerenciar projetos de engenharia de *software*, que é a metodologia, ou metodologias de desenvolvimento de *software* adotadas pela organização. Como na questão comentada anteriormente, a pesquisa propôs ao gestor escolher mais de uma opção para a metodologia utilizada na empresa. Os resultados estão na figura 3.6.

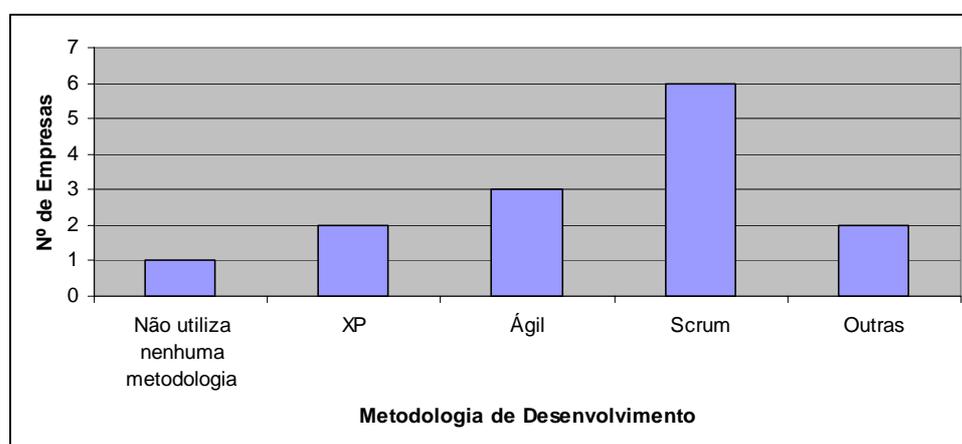


Figura 3.6 - Número de Empresas que utilizam cada metodologia de desenvolvimento especificada

Dentre as empresas pesquisadas, houve um maior número de organizações utilizando a metodologia Scrum, que é aplicado principalmente a pequenas equipes, retrato das pequenas empresas de TI/SI do estado, e em ambientes de desenvolvimento que sofrem constantes mudanças, sendo o seu foco a maximização da habilidade da equipe em responder de forma ágil aos desafios emergentes. A complexidade dos *softwares* atuais, e o surgimento de novas áreas de aplicação têm exigido mais confiabilidade e precisão dos aplicativos já existentes e dos que ainda virão a ser construídos, por isso destaca-se a importância da utilização de uma metodologia de desenvolvimento apropriada, para que seja fornecido um roteiro, um processo dinâmico e interativo para desenvolvimento estruturado de projetos, sistemas ou *softwares*, visando à qualidade e produtividade dos projetos.

Uma série de questões foram propostas aos gestores, no intuito de verificar como está o relacionamento e integração de suas organizações com unidades de ensino e pesquisa, com outras empresas, além de suporte por alguma fonte de financiamento. Os resultados são apresentados na figura 3.7.

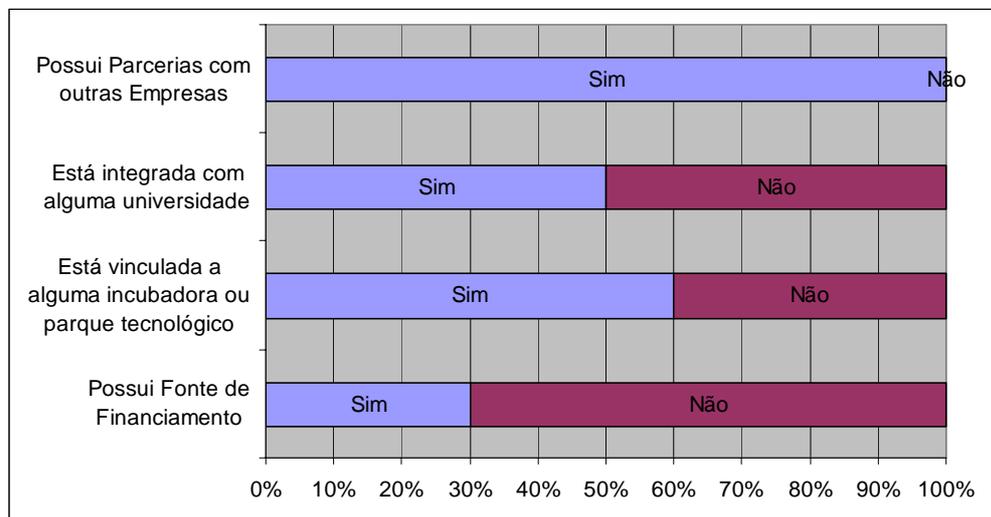


Figura 3.7 - Percentual de relacionamento e integração das empresas

Os resultados expostos na figura 3.7 anterior indicam que 100 % das empresas possuem parcerias com outras empresas, o que assegura um ganho de competitividade e reduz os riscos de perdas e prejuízos, e metas são alcançadas à medida que a união de forças e de conhecimentos proporciona complementaridade. Algumas das organizações citadas pelos gestores que possuem parcerias com as empresas pesquisadas são: NewSupri, HP, LanLink, Surfex, Oi Telemar, TIM Brasil, Claro, Vivo, Sun, Oracle, Borland, CSI, JCPM, Votorantim Ventures, Motorola, Tempest, IBM, Microsoft, SAP, entre outras.

Outro índice apresentado no gráfico evidencia que 50 % dos gestores pesquisados afirmam que sua empresa está integrada com alguma universidade, o que é de grande importância, por criar a chamada “mão dupla”, em que de um lado está a empresa, que com a globalização acentuou a necessidade de se modernizar, e o jeito foi buscar as soluções nas escolas e universidades. Estas por sua vez, viram-se afligidas pela redução do aporte de recursos públicos, e encontraram nas empresas privadas uma generosa fonte de custeio. As universidades citadas pelos gestores que possuem interação com as empresas pesquisadas são: UFPE e UPE.

O índice que apresenta o número de empresas que possuem alguma fonte de financiamento demonstra que apenas três organizações (30%) possuem este tipo de suporte, um valor baixo para um setor que merece maiores estímulos para promoção de sua competitividade e de seu crescimento no mercado interno e externo. As fontes financiadoras citadas pelos gestores que dão suporte as empresas pesquisadas são: CNPq, FACEPE e Finep.

Outra informação exposta na figura 3.7 é de que 60% das empresas pesquisadas possuem vínculo com alguma incubadora ou parque tecnológico, ressaltando a importância destes ambientes como plataformas de inovação, sobretudo para empresas nascentes, local em que cada vez mais é onde realmente a inovação é feita. Relacionado ao tema, fora questionado aos gestores o quanto cada empresa investiu do seu faturamento anual em Inovação Tecnológica no ano de 2009, e os dados representados na figura abaixo.

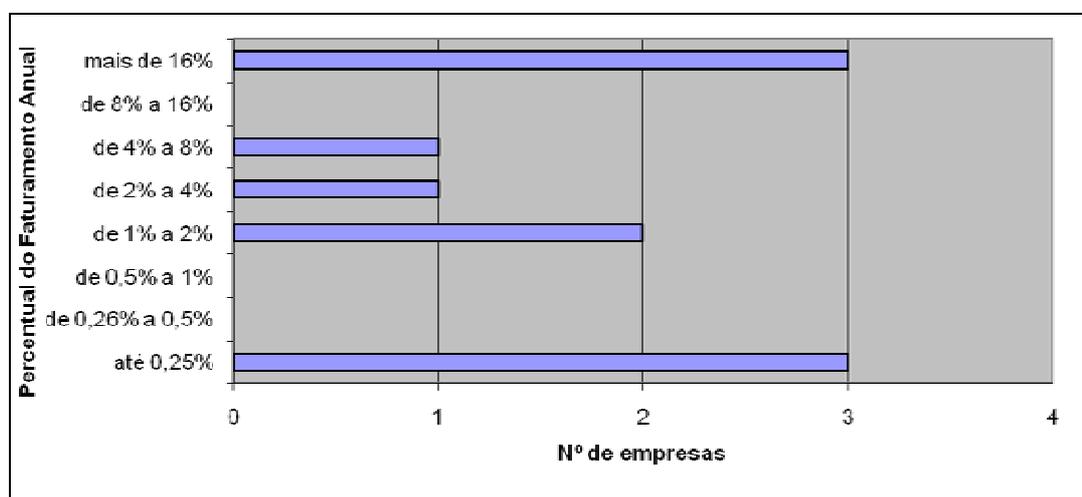


Figura 3.8 – Percentual do Faturamento de 2009 investido em Inovação Tecnológica

As informações revelam que todas empresas investiram em inovação tecnológica, mas deixa claro que este percentual em algumas organizações ainda é muito pequeno. Para entender a relevância das atividades de PDI (pesquisa, desenvolvimento e inovação) para as organizações, fora questionado aos gestores, em que grau de intensidade eles concordam que as atividades de PDI refletem: em faturamento; em criação de vantagens competitivas; em alcance dos objetivos estratégicos; em desempenho das organizações. Estas informações estão na figura abaixo.

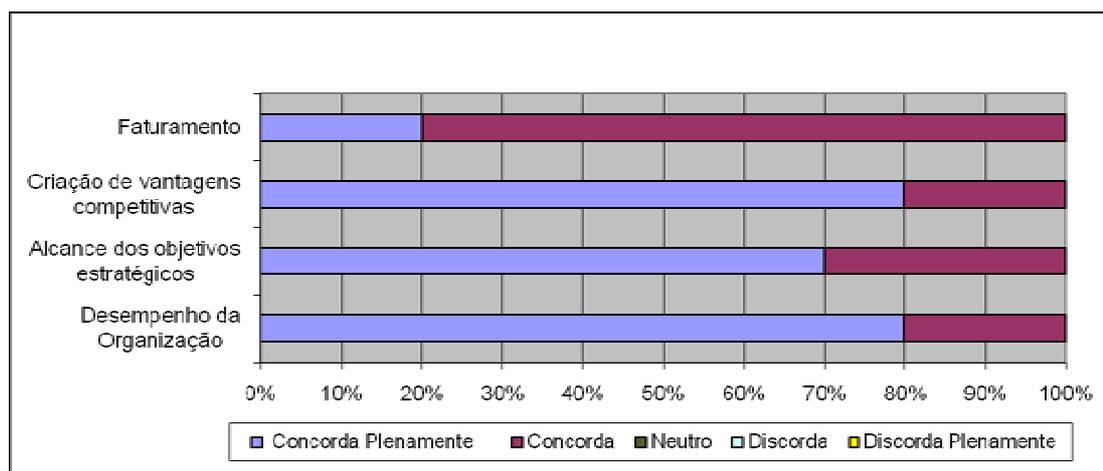


Figura 3.9 - Diagnóstico dos gestores dos reflexos e contribuições das atividades de PDI

De acordo com a figura 3.9, 80% dos gestores concordam, e 20% concordam plenamente com a afirmação de que investimentos em PDI resultam em faturamento, e logo não são encarados apenas como gastos sem retorno para a organização. Além disso, 80% dos gestores concordam plenamente que as atividades de PDI contribuem na criação de vantagens competitivas e no desempenho da organização, e 70% no alcance dos objetivos estratégicos. Contudo se há uma afirmação dos resultados positivos oriundos do processo de inovação, por quais motivos os investimentos de grande parte das organizações pesquisadas ainda são baixos?

Para entender melhor esta indagação, foi questionado aos gestores se existem dificuldades para inovar, e em caso positivo quais são estes obstáculos.

O dados coletados revelam que 90% das empresas apresentam dificuldades para inovar, e as explicações para tais obstáculos são que: produtos/serviços inovadores são de difícil implementação no mercado, por falta de uma mídia que suporte seu crescimento; tempo escasso para a implementação dos projetos de inovação; muitas vezes não dão retorno a curto prazo; algumas tecnologias ainda não são disponíveis no Brasil, tendo que trazer do exterior; baixa capacidade de investimento; inexistência da cultura de inovação; falta de *know-how*; custo da tecnologia. As realidades expostas pelos gestores expõe que a implementação de projetos inovadores passam por uma série de dificuldades, sobretudo para as PMEs. Contudo, inovação é a principal ferramenta para expandir e aproveitar as oportunidades do mercado, e quem não investe acaba ficando para trás nesta corrida pelo inovar.

Uma das abordagens de grande relevância na execução de projetos é a análise dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS) - observar a revisão da literatura – , que são os pontos chave que definem o sucesso ou o fracasso de um objetivo definido por um planejamento de determinada organização. Para estudar tal análise, foi proposta aos gestores uma reflexão de algumas alternativas com o intuito deles responderem até que ponto a sua empresa concorda que as devidas alternativas são fatores críticos de sucesso. Os resultados estão na figura 3.10.

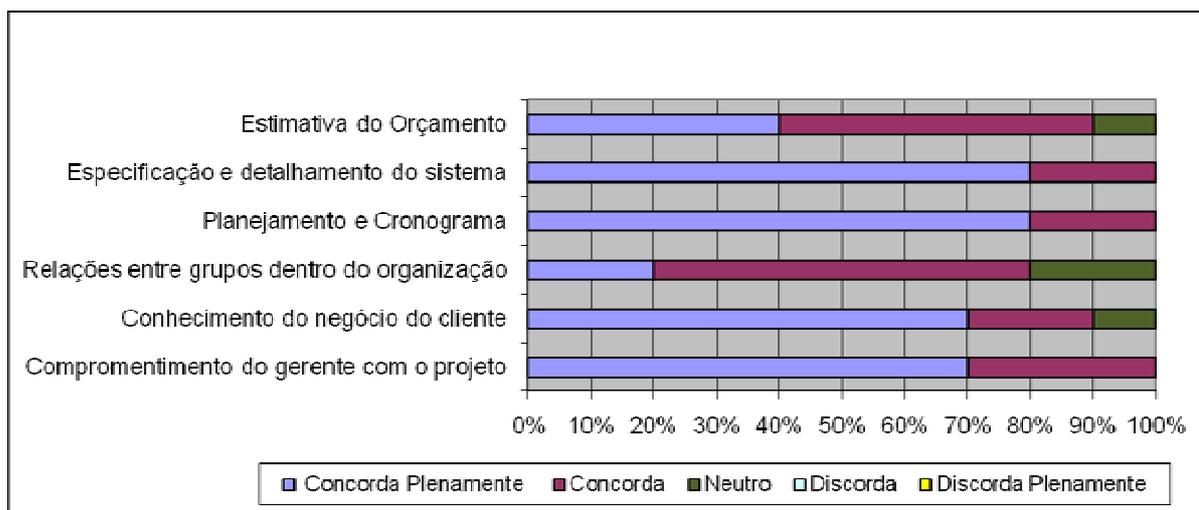


Figura 3.10 - Fatores Críticos de Sucesso na execução de Projetos

Os resultados mostram que todas as alternativas apresentadas como FCS, não tiveram nenhuma opinião de discordância, e se destacam as alternativas: Especificação e detalhamento do sistema, e Planejamento e Cronograma, que foram os FCS de maior concordância por parte dos entrevistados, com oito gestores concordando plenamente e dois concordando com as respectivas alternativas. A identificação dos Fatores Críticos de Sucesso, por parte dos gestores, precisa ser bem feita para que a organização possa atingir seus objetivos, pois os FCS especificam variáveis que diferenciam a organização dos seus competidores e deve ser único para cada tipo de negócio, motivo pelo qual, na pesquisa alguns fatores foram mais relevantes para alguns gestores que para outros.

Outro dado oriundo das respostas dos questionários revela que 90% dos gestores consideram que os fatores como: cumprimento do prazo negociado com o cliente, cumprimento do orçamento previsto e pleno atendimento a especificação do projeto, caracterizam simultaneamente o sucesso de um projeto para sua empresa. Relacionado a estes fatores, os gestores avaliaram o índice de sucesso de execução dos projetos pela sua organização, conforme mostra a figura abaixo.

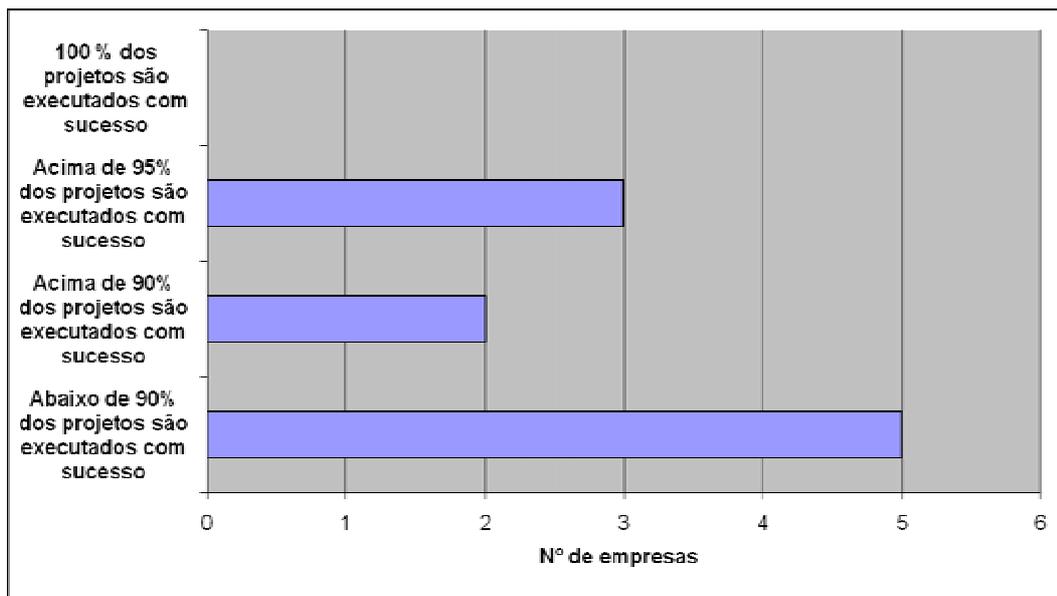


Figura 3.11 - Índice de sucesso dos Projetos das Organizações

A figura 3.11 mostra que metade das empresas pesquisadas apresenta um índice de sucesso dos projetos abaixo de 90%, que seguindo os fatores de sucesso relacionados pelos gestores, representa muitos projetos executados sem atender a pelo menos um destes fatores. Este índice de insucessos pode ser explicado pela falta de maturidade no gerenciamento de Projetos, principalmente no que tange ao alinhamento de projetos dos setores internos com os negócios da organização ou o planejamento estratégico. Essas informações foram coletadas dos gestores, relacionadas com os dados de índice de sucesso e inseridos na figura abaixo.

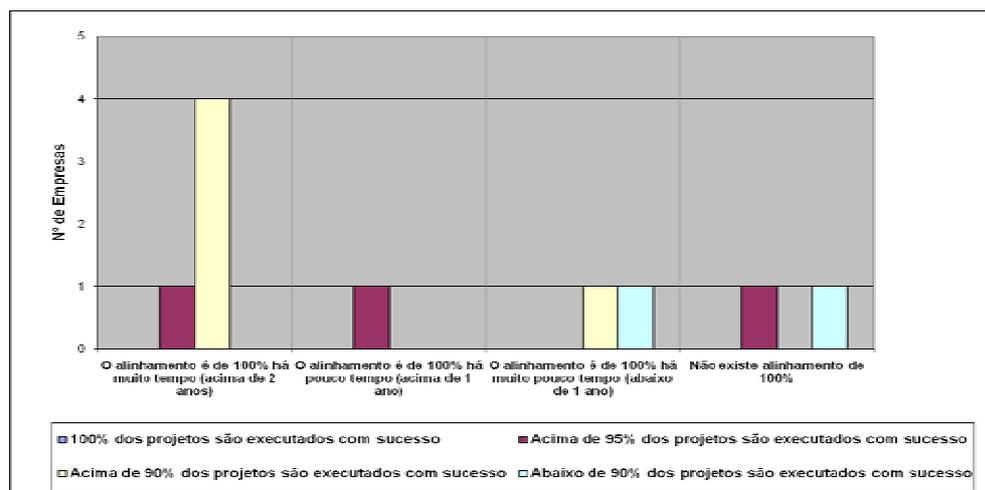


Figura 3.12 - Relação de Alinhamento de estratégias e Projetos com Sucesso

A figura 3.12 mostra que cinco empresas possuem alinhamento de 100% há muito tempo, e dentre estas empresas, quatro apresentam um índice de sucesso superior a 90%, e uma superior a 95%. Estas empresas já apresentam um processo de alinhamento entre projeto e estratégia dos negócios amadurecido, superior a dois anos, o que fornece um ambiente com melhores condições para o sucesso dos projetos. Contudo dentre as empresas que declararam que seus projetos estão abaixo de 90% de execução com sucesso, estas possuem muito pouco tempo de alinhamento dos projetos ou não possuem alinhamento 100%. Não é consistente inferir para todo universo de empresas de TI, que o alinhamento “maduro” de 100% dos projetos reflete em sucesso na execução do projeto, pois a amostra coletada foi pequena para se realizar este tipo inferência, todavia os resultados deixam indicações da importância de um processo maduro de alinhamento na busca pelo sucesso dos projetos.

Diversos problemas quando não são gerenciados e tratados adequadamente, podem tornar-se sérios obstáculos ao sucesso do projeto. No caso do setor em estudo, o de TI, os projetos de desenvolvimento de *software* apresentam um desafio distinto quando comparado à maioria dos outros tipos de projetos existentes. O *software* é um produto intangível e isso pode gerar algumas dificuldades ao gerenciar itens importantes de um projeto, como definição do escopo, garantia de qualidade e controle de progresso. Para um melhor entendimento dos fatores que dificultam ou que são difíceis de realizar no Gerenciamento de Projetos nas organizações pesquisadas, foi proposta uma análise dos gestores para tais pontos, e os resultados expostos na figura abaixo.

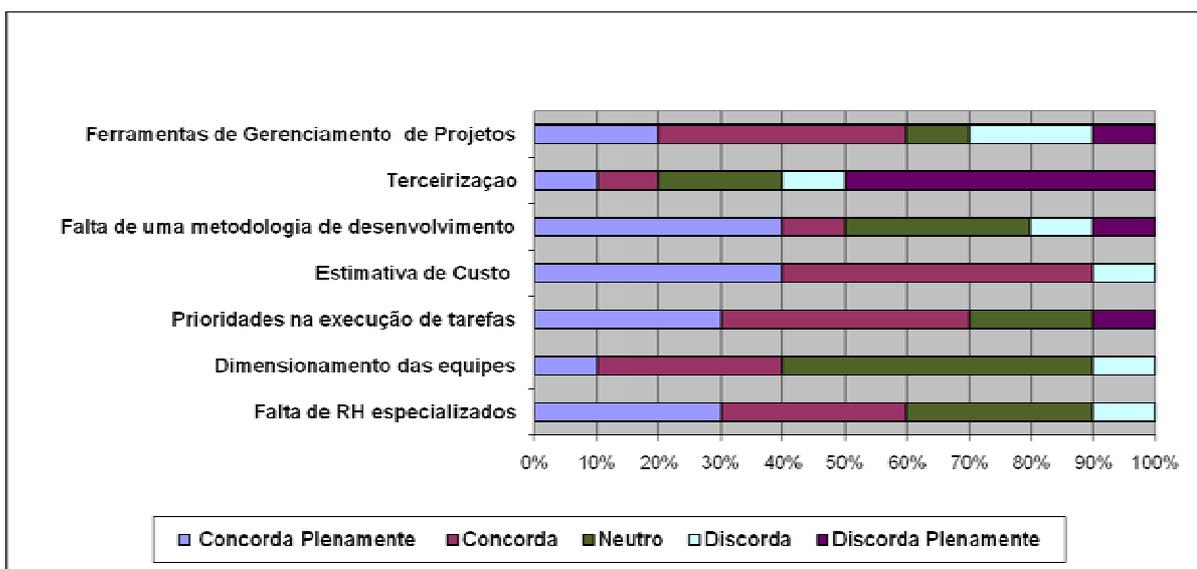


Figura 3.13 - Fatores que dificultam ou que são difíceis de realizar no gerenciamento de Projetos

Dentre as empresas pesquisadas há uma maior concordância a respeito das dificuldades e obstáculos na gestão de projetos no que tange: as Ferramentas de Gerenciamento de Projetos; a Falta de uma metodologia de desenvolvimento; a Estimativa de Custo; as Prioridades na Execução de Tarefas; e Falta de RH especializados. Houve neutralidade referente ao fator Dimensionamento de equipes, em que 50% dos gestores pesquisados ficaram imparciais neste ponto. No outro lado, a fator Terceirização apresentou a maior discordância dentre os pontos relatados, em que 50% dos gestores discordam plenamente e 10% discordam que a Terceirização represente dificuldade no gerenciamento de projetos. Este resultado evidencia a crescente participação da terceirização na execução dos projetos, principalmente para atender à demanda cada vez maior por rapidez no desenvolvimento e implantação de soluções. Outras dificuldades expostas pelos gestores foram: o entendimento da real necessidade do consumidor; o surgimento de novos projetos em paralelo, tirando o foco da equipe; a falta de definição de escopo e de controle da alteração do escopo.

Ao buscar entender a aceitação do tema “Gerenciamento de Projetos” nas empresas em discussão pelos gerentes de projetos do setor, observou-se que: 40% das empresas expõem que o assunto é bastante conhecido e aceito com uma boa prática de gerenciamento há, pelo menos, um ano, além dos gerentes de projetos se sentirem estimulados a utilizar esses conhecimentos; 50% das empresas expõem que o assunto é razoavelmente conhecido e existe algum estímulo pela organização para o uso desses conhecimentos; e para 10% das empresas pesquisadas o assunto é apenas conhecido, mas não existe nenhum estímulo formal para o uso desses conhecimentos. Os resultados mostram que mesmo com a crescente aceitação do gerenciamento de projetos na atualidade, e sua aplicação por meio de conhecimentos, processos, habilidades, ferramentas e técnicas adequadas, ainda há muitos profissionais da área que precisam superar barreiras internas na empresa, para adoção dessas metodologias.

Em relação à conveniência do treinamento em gerenciamento de projetos esta alinhado com a cultura da empresa, com outras práticas gerenciais existentes na organização, com o tipo de empresa e com especificidades do setor de atuação da empresa, a pesquisa revela que: 30% dos gestores afirmam que existe uma forte preocupação neste sentido, que foi totalmente contemplada nos treinamentos oferecidos; 20% dos gestores afirmam que existe uma forte preocupação neste sentido, porém foi apenas parcialmente contemplada nos treinamentos oferecidos; 40% dos gestores afirmam que existe uma preocupação neste sentido, no entanto os treinamentos oferecidos não tiveram esta orientação; e 10% dos gestores afirmam que desconhecem a importância deste aspecto ou ainda não houve treinamento. A implementação

de boas práticas em Gerenciamento de Projetos se baseia principalmente na cultura organizacional, logo esta cultura é obtida em um processo gradual de mudança, através da adaptação das metodologias a toda estrutura da empresa, no intuito de conseguir sensibilizar a todos a respeito da importância dos projetos para o sucesso da organização.

Referente ao uso de metodologia de gerenciamento de projetos por pessoas envolvidas nos mesmos, a pesquisa revela que: em 60% das empresas pesquisadas existe uma metodologia implantada, testada e em uso rotineiro por todos os principais envolvidos com projetos há, pelo menos, um ano; em 10% das empresas pesquisadas existe uma metodologia implantada, testada e em uso rotineiro por um pequeno número de gerentes de projeto há, pelo menos, um ano; e em 30% das empresas pesquisadas a metodologia foi implantada recentemente, e seu uso ainda é incipiente. O bom uso de uma metodologia adequada aos negócios dá um maior controle sobre o processo, assim, a equipe será mais eficiente, pois entregará o projeto com maior grau de acerto em termos de prazos e custos, além de evitar práticas que levam ao insucesso.

3.4 Considerações sobre a Revisão da Literatura

Na Revisão da Literatura foram apresentadas algumas questões referentes ao gerenciamento e medidas de desempenho de projetos. Foi dada uma ênfase na aplicação da lógica *Fuzzy* como modelagem para eficiência dos projetos, visto que, será de utilidade neste trabalho.

A pesquisa de campo teve como principal objetivo a aquisição de informações sobre o ambiente de gestão de projetos e a descoberta de novos aspectos relacionados ao problema de gerenciamento de projetos nas empresas de desenvolvimento de *software*. Sendo assim, a pesquisa descreveu a realidade vivenciada por 10 (dez) empresas de TI/SI do Estado de Pernambuco, permitindo uma interpretação e discussão sobre o comportamento destas, contribuindo, então, para o desenvolvimento deste trabalho.

Destaca-se que houve um reduzido número de empresas que responderam ao questionário desta pesquisa de campo, possivelmente devido ao receio de fornecer respostas para algumas questões consideradas pelas empresas como informações sigilosas. Contudo as empresas investigadas e a utilização de pesquisas mais profundas encontradas na literatura, como as de Agarwal & Rathod (2006) e Qureshi *et al.* (2009) foram efetivas para a proposta do trabalho.

A análise dos resultados dessas pesquisas apresentou evidências que custo, tempo, funcionalidade e qualidade correspondem aos critérios mais importantes, do ponto de vista

das pessoas envolvidas no desenvolvimento do projeto. Como algum dos resultados da pesquisa de campo destaca-se a importância de alguns itens para a gestão de projetos, como mão-de-obra especializada, relacionamento da equipe, comprometimento do gerente, metodologia de desenvolvimento, ferramentas especializadas e etc. Esses aspectos, destacados na pesquisa de campo, serão utilizados como atributos para a avaliação da qualidade do desenvolvimento dos projetos de TI/SI, no modelo que será apresentado no próximo capítulo.

4 MODELO PROPOSTO PARA AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE TI

Neste capítulo serão apresentadas as propostas de utilização da modelagem multicritério, da lógica *fuzzy* e métricas de *software* para avaliação do desempenho de projetos de TI. A filosofia dessa proposta pode ser estendida para uma avaliação de projetos em geral, desde que sejam realizadas as devidas adaptações.

Inicialmente será definido o *framework* elaborado para avaliação dos projetos, bem como suas respectivas etapas. É contextualizado o modelo multicritério para análise do desempenho dos projetos quanto aos atributos tempo, qualidade e custo. A etapa seguinte consiste numa análise mais detalhada de como se desenvolvem as medidas que servem de entrada para o sistema.

4.1 Modelo proposto

Conforme Agarwal & Rathod (2006), o desempenho de um projeto de *software* é avaliado em termos de sua capacidade de alcançar o nível desejado de custo, tempo e qualidade dos produtos e, portanto, um projeto de *software* é considerado bem sucedido se entrega o produto com pré-acordado nível de qualidade dentro do tempo determinado e custo.

A proposta de um modelo de avaliação de desempenho de projetos de TI desse estudo é baseada na utilização dos critérios mais citados na literatura sobre a avaliação de projetos: tempo, custo e qualidade, com o auxílio de abordagens multicritérios e métricas de *software*. Este modelo consiste de vários passos, que vão desde a definição das alternativas ao cálculo do desempenho das mesmas e serve para auxiliar os gerentes de projetos, ou às organizações, como um indicador do nível de execução dos objetivos do gerenciamento de projetos. O esquema apresentado na Figura 4.1, a seguir, ilustra as etapas desse modelo proposto.

Vale salientar que a análise do desempenho dos projetos, de acordo com o modelo, pode ser feita em dois momentos:

- Quando o projeto ainda está em execução, com o intuito de orientar os gerentes nas decisões quanto ao bom andamento, ou não, de um determinado projeto, visto que o mesmo não se encontra em condições econômicas ou de tempo de continuar em desenvolvimento;
- Quando o projeto estiver concluído, para servir, por exemplo, como relatórios nas entregas do produto final ao cliente, além de comparações com outros projetos já concluídos.

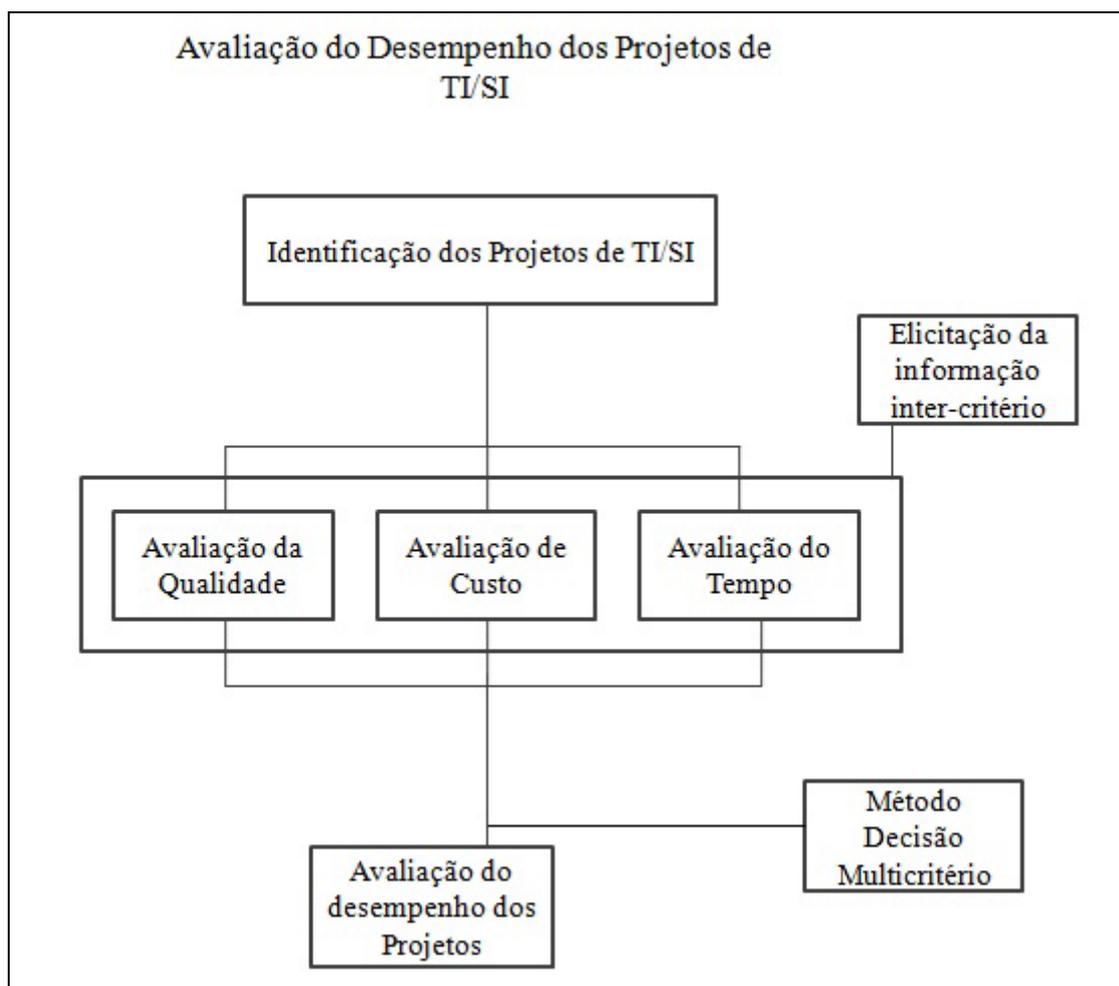


Figura 4.1 - Etapas do modelo proposto para avaliação de desempenho de projetos de TI/SI

As etapas do modelo são descritas a seguir:

– **Identificação dos projetos de TI/SI:** os primeiros passos consistem em caracterizar o problema para a identificação dos projetos de TI/SI que se deseja avaliar. Algumas organizações podem estar interessadas em analisar projetos em andamento ou que já foram concluídos.

– **Avaliação da qualidade, custo e tempo dos projetos de TI/SI:** essa fase consiste na obtenção das medidas de desempenho de qualidade, tempo e custo para avaliação dos projetos de TI/SI. Mais adiante será mostrada de forma mais detalhada cada uma dessas etapas. De acordo com Baccarini (1999), os critérios de custo, tempo e a qualidade são parâmetros essenciais de decisão para empresas que desejam avaliar o desempenho dos seus projetos. Para fins didáticos, essa pesquisa utilizar-se-á dos mesmos critérios, entretanto, a forma de avaliar a qualidade e o

tempo de execução dos projetos, sendo um dos focos dessa pesquisa, será diferente, pois esta terá como apoio a pesquisa realizada no Porto Digital – PE, conforme já descrita anteriormente, e métricas de *softwares*, respectivamente. Vale ressaltar que não será utilizado um procedimento formal para avaliar o critério custo, ficando, então, como sugestão para trabalhos futuros.

–**Elicitação da informação intercritério:** uma característica importante está relacionada à compensação que pode existir entre critérios nos modelos de agregação. Em princípio, neste trabalho, a avaliação do desempenho dos projetos sugere que os valores das alternativas nos critérios qualidade, tempo e custo não sejam compensados, desta forma uma alternativa com baixa avaliação em um critério, não terá seu valor compensado por uma avaliação muito boa em outro critério, que inicialmente seria mais rico em termos de informação para o gestor de projetos. Sendo assim, os métodos não-compensatórios requerem uma informação intercritério que corresponde à relativa importância entre os critérios. Um exemplo é o procedimento revisado de Simos.

–**Método de Decisão Multicritério:** essa etapa consiste na agregação dos critérios custo, tempo e qualidade para análise da performance dos projetos. Assim, percebe-se claramente que este é um problema multicritério e deve ser tratado como tal. Dessa forma, o problema em questão, já caracterizado anteriormente, visa uma **avaliação do desempenho dos projetos** e, conseqüentemente, uma priorização de alternativas que favoreça projetos que apresentem desempenho balanceado entre os atributos custos, qualidade e tempo. Para isto, recomenda-se o uso dos métodos da Escola Francesa que utilizam a abordagem de sobreclassificação (*outranking*). Nesse caso, o problema pode ser enquadrado na problemática γ , cujo objetivo é ordenar as ações (ROY, 1996). Sendo assim, as características do método a ser utilizado é não considerar os *trade-offs* entre os critérios na avaliação de uma alternativa, ou seja, que apresente o caráter não-compensatório. Portanto, após a aplicação desse método, esta medida auxiliará os gerentes de projetos na avaliação do desempenho dos projetos, quanto à qualidade, custo e tempo e nas devidas atenções aos que exigirem maiores esforços.

A próxima seção consiste no desenvolvimento de uma das etapas do modelo, correspondente às medidas de performance dos atributos de avaliação dos projetos de TI/SI.

4.2 Medida de desempenho dos atributos de avaliação dos projetos de TI/SI

Essa seção consiste nos modelos de avaliação dos atributos qualidade e tempo que correspondem à etapa da medida de desempenho dos atributos dos projetos correspondentes a figura 4.1. Cada uma dessas etapas definirá as medidas para a avaliação da qualidade e do tempo de execução dos projetos que servirão como *input* para o modelo final de agregação.

4.2.1 Framework para avaliação do atributo qualidade dos projetos de TI

O procedimento de avaliação da qualidade dos projetos foi projetado a partir de Tsauro *et al.* (2002), adaptando-se a ele os aspectos, atributos e critérios, considerados tanto na pesquisa de campo realizada como do trabalho de Geraldi *et al.* (2011), como também a forma de elicitação da informação intracritério. A estrutura geral do modelo pode ser vista conforme a figura 4.2 a seguir.

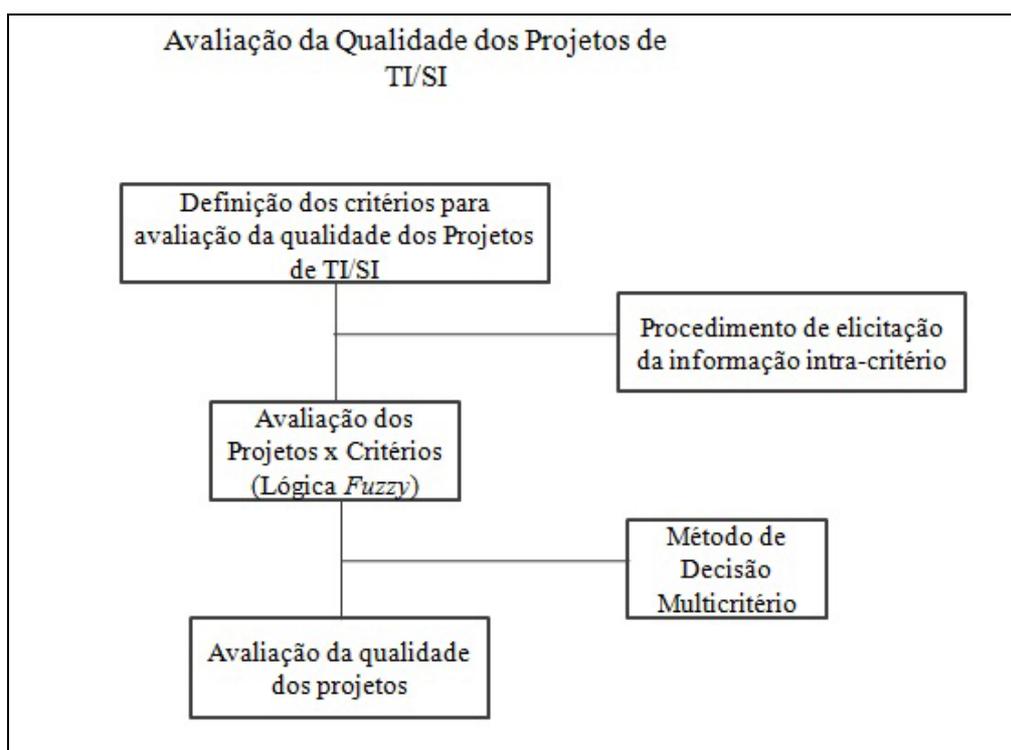


Figura 4.2 - Framework para avaliação da qualidade dos projetos

As etapas desse modelo são descritas a seguir:

– **Definição dos critérios para avaliação da qualidade dos projetos de TI/SI:**

O problema típico de avaliação multicritério concentra-se em um conjunto de alternativas viáveis e considera mais de um critério para determinar um *ranking* de

prioridade para a implementação alternativa. Keeney & Raiffa (1976) sugerem que alguns princípios sejam considerados quando os critérios estão sendo formulados, como integralidade, operacional, não redundância, tamanho mínimo. Sendo assim, há muitos estudos empíricos preocupados com a qualidade dos projetos de TI. Como pôde ser visto na Tabela 3.2, a partir de um estudo de Geraldi *et al.* (2011), uma visão geral dos atributos de qualidade pode conter o compromisso com qualidade (curso de ação), tornar disponíveis os recursos para os projetos (ativando a capacidade), exaustividade e clareza (plano previsível, detalhado e inequívoco), integração, adaptabilidade (identificar e adaptar mudanças), conformidade (agir de acordo com certos padrões) e reunião de requisitos de valor agregado (entregar o que foi acordado). Além disso, através da pesquisa de campo realizada para o presente estudo, alguns fatores se tornam importantes para a qualidade no gerenciamento de projetos. Dentre eles, têm-se: uma boa estimativa de orçamento, especificação e detalhamento do sistema, planejamento e cronograma das atividades, relações entre grupos da organização, conhecimento do negócio do cliente, comprometimento do gerente com o projeto, alinhamento estratégico, ferramentas de gerenciamento de projeto, terceirização de atividades, metodologia de desenvolvimento, prioridades na execução das tarefas, dimensionamento de equipes, falta de recursos humanos especializados, parcerias com outras empresas, fonte de financiamento.

O modelo de avaliação da qualidade dos projetos incorpora os aspectos e atributos, conforme mostra a tabela 4.1 a seguir.

Tabela 4.1 - Critério de avaliação para a qualidade dos projetos

Aspectos	Atributos
Pessoal	Mão-de-obra especializada Relacionamento da equipe Comprometimento do gerente
Cronograma e Orçamento	Cronograma impreciso Orçamento Insuficiente
Tecnologia de desenvolvimento	Ausência de metodologia de Desenvolvimento Capacidade do <i>hardware</i>

	Ferramentas especializadas
Requisitos do Projeto	Interface do usuário
	Especificação e detalhamento do projeto
	Priorização de atividades
Valor Agregado	Conformidade
	Adaptabilidade
	Integração
	Exaustividade e clareza

– **Procedimento de eliciação da informação intracritério:** Para avaliação de qualidade sugere-se que pode haver uma compensação entre os vários atributos avaliados. Assim, para comparar objetivos é necessário saber quanto se obtém de desempenho nestes objetivos para se avaliar escolhas entre os valores em consideração. Isso é efetuado com o uso de *trade-offs* de valores, que é definido por duas consequências entre as quais o decisor é indiferente, então ele pode fazer uma troca entre elas (ALMEIDA, 2011). Além do procedimento com *trade-off* existem outros métodos de eliciação da informação intrecritério, como o procedimento por *swing* do SMARTS, o AHP, pesos por unidades de atributos e custo equivalente (ALMEIDA, 2011).

– **Avaliação dos projetos x critérios (Lógica Fuzzy):** as performances das alternativas, ou seja, dos projetos correspondentes a cada critério de avaliação pelos gerentes é medida como um número *fuzzy* com uma função de pertinência triangular para avaliar as variáveis linguísticas atribuídas pelos especialistas. A variável linguística aqui utilizada é “qualidade dos projetos de TI/SI”. Isso significa a qualidade dos projetos que os profissionais avaliam durante o seu desenvolvimento. Seus possíveis valores são muito insatisfeito, insatisfeito, justo, satisfeito, muito satisfeito.

De acordo com Tsaur *et al.* (2002), a avaliação geral dos julgamentos *fuzzy* lida com o fato de que todos os envolvidos pensam diferente em relação a cada critério, então, as avaliações das variáveis linguísticas certamente varia entre os indivíduos. Portanto, os autores fizeram uma integração geral dos julgamentos *fuzzy* através da equação a seguir.

$$E_{ij} = (1/m) \odot (E_{ij}^1 \oplus E_{ij}^2, \dots, \oplus E_{ij}^m) \quad (4.1)$$

Conforme visto anteriormente, os operadores \odot e \oplus significam, respectivamente, a multiplicação e a soma de números *fuzzy*, enquanto que E_{ij} é uma média geral das performances de avaliação do projeto i sobre o critério j pelos m avaliadores.

Portanto, E_{ij} como um número *fuzzy* pode ser representado como uma função de pertinência triangular através da seguinte equação (TSAUR *et al.*, 2002):

$$E_{ij} = (LE_{ij}, ME_{ij}, UE_{ij}) \quad (4.2)$$

De acordo com Buckley (1985, *apud* Tsaur *et al.*, 2002), os três pontos finais podem ser calculados pelo método proposto como:

$$LE_{ij} = \left(\sum_{k=1}^m LE_{ij}^k \right) / m \quad (4.3)$$

$$ME_{ij} = \left(\sum_{k=1}^m ME_{ij}^k \right) / m \quad (4.4)$$

$$UE_{ij} = \left(\sum_{k=1}^m UE_{ij}^k \right) / m \quad (4.5)$$

Após obter as medidas de performance em termos dos números *fuzzy*, o próximo passo é fazer a defuzzificação desses números para utilizá-los como *input* para o método de decisão multicritério a ser utilizado para a avaliação da qualidade.

O procedimento de defuzzificação é encontrar o valor da melhor medida de performance não *fuzzy* (MPN), conforme pode ser visto em Tsaur *et al.* (2002), a partir das equação a seguir:

$$MPN_{ij} = [(UF_{ij} - LF_{ij}) + (MF_{ij} - LF_{ij})] / 3 + LF_{ij} \quad (4.6)$$

– **Método de decisão multicritério:** nessa etapa sugere-se a agregação dos vários atributos de qualidade. Portanto, consiste na agregação dos diferentes critérios em uma única função de síntese, pois, para este problema de decisão, considera-se razoável a idéia de compensar um menor desempenho de uma alternativa em um dado critério por meio de um melhor desempenho em outro. Sendo assim, o uso de um método multicritério é recomendado como o meio para ranquear a qualidade do desempenho dos projetos a serem avaliados. Isso significa que a avaliação de uma alternativa considera os *trade-offs* entre os critérios. Para

esse caso, existem vários métodos que podem ser aplicados, como por exemplo, SMARTS, AHP, TOPSIS.

4.2.2 *Framework* para avaliação do atributo tempo de execução dos projetos de TI

O procedimento de avaliação do tempo dos projetos foi projetado a partir das técnicas do COCOMO (Boehm, 1981 *apud* Kemerer, 1987) e do tamanho e perfis das equipes de desenvolvimento do projeto. A estrutura geral do modelo pode ser vista conforme a figura a seguir:

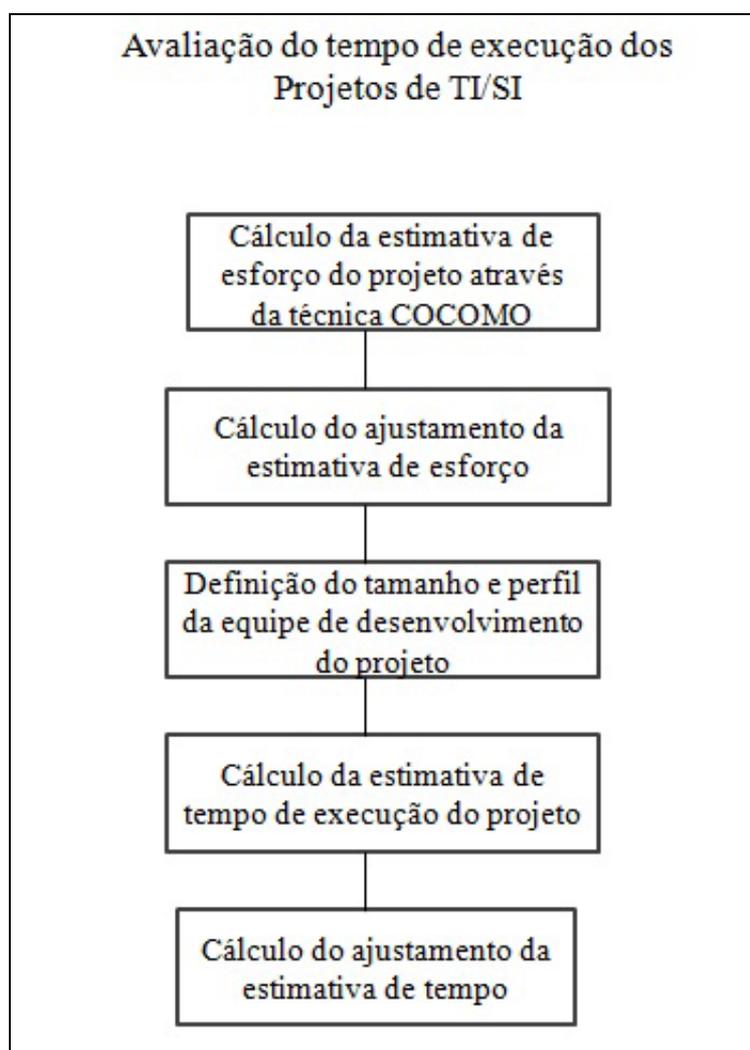


Figura 4.3 - *Framework* para avaliação do tempo do projeto

As etapas desse modelo são descritas a seguir:

- **Cálculo da estimativa do esforço do projeto a partir da técnica COCOMO:** Para fins da aplicação no modelo proposto neste trabalho, será utilizada

a regra para o COCOMO intermediário e difuso, visto que o mesmo é aplicável à grande maioria dos projetos de *software*, além disso, considera fatores como restrições de *hardware*, qualificação e experiência profissional, uso de modernas técnicas e ferramentas e outros atributos do projeto. Nesse modelo, a equação para determinação do esforço é:

$$E/M = 3.0 \times KDSI^{1.12} \quad (4.7)$$

– **Cálculo do ajustamento da estimativa de esforço:** Dependendo das características do projeto de *software* pode haver um ajustamento do esforço através da escolha de multiplicadores, que variam de projeto para projeto. Os fatores são classificados por atributos do projeto, atributos do produto, atributos computacionais ou atributos da equipe (Fernandes, 1995), conforme mostra a tabela 4.2 a seguir.

Tabela 4.2 - Multiplicadores de esforço

Atributos do Produto	Atributos Computacionais
RELY – confiabilidade requerida pelo <i>software</i>	TIME – restrições de execução
DATA – tamanho da base de dados	STOR – restrições quanto ao uso da memória principal
CPLX – complexidade do <i>software</i>	VIRT – mudanças no ambiente de <i>software</i>
	TURN – tempo de resposta
Atributos da Equipe	Atributos do Projeto
ACAP – capacidade dos analistas	MODP – técnicas modernas de programação
AEXP – experiência na aplicação	TOOL – uso de ferramentas
LEXP – experiência na linguagem de programação	SCED – prazo requerido para o desenvolvimento
PCAP – capacidade dos programadores	
VEXP – experiência no ambiente de <i>hardware</i>	

Adaptado de Fernandes (1995)

– **Definição do tamanho e perfil da equipe de desenvolvimento do projeto:** Essa etapa é importante para o ajustamento do tempo previsto para execução do projeto, pois se sabe que esse tempo depende das características dos profissionais que serão alocados. De acordo com Acuña *et al.* (2006), o perfil dos profissionais, como também suas habilidades em cada projeto dependem de capacidades intrapessoal (análise, tomada de decisão, inovação, julgamento), organizacional (organização, disciplina, gerenciamento de riscos), interpessoal (serviços ao cliente,

sociabilidade, negociação) e de gerenciamento (liderança em grupo, organização e planejamento). Após uma análise das características dos profissionais, com as requeridas pelo projeto, o gerente tem por base, quais os candidatos mais aptos a executar determinado projeto.

- **Cálculo da estimativa de tempo do projeto:** Sabendo que o prazo de execução é definido por (Fernandes, 1995):

$$Prazo = \frac{Esforço}{Quantidade\ de\ profissionais} \quad (4.8)$$

Substituindo o esforço pela equação 4.7, tem-se que:

$$Prazo = \frac{3.0 \times KDSI^{1.12}}{Quantidade\ de\ profissional} \quad (4.9)$$

Vale salientar que, em caso de alteração de escopo dos projetos, essa etapa pode ser refeita, porém, considerando-se a mesma quantidade de profissionais. Isso busca solucionar a dinâmica dos projetos de desenvolvimento de *software*.

- **Cálculo do ajustamento da estimativa de tempo:** Determinado o prazo de execução dos projetos e os possíveis candidatos a execução do mesmo, essa etapa se concentra no ajuste da estimativa de tempo, de acordo com um sistema de avaliação de ritmos. O *Westinghouse System* (Barnes, 1980) utiliza-se de quatro fatores para estimar a eficiência do profissional que são: habilidade, esforço, condições e consistência. Esse sistema fornece uma tabela com valores numéricos para cada fator, e o tempo estimado obtido é normalizado aplicando-se a soma das proporções desses quatro fatores para cada profissional.

Tabela 4.3 - Estimativa das performances

Habilidade			Esforço		
+0.15	A1	Muito habilidoso	+0.13	A1	Excessivo
+0.13	A2		+0.12	A2	
+0.11	B1	Excelente	+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2		+0.08	B2	
+0.06	C1	Bom	+0.05	C1	Bom
+0.03	C2		+0.02	C2	
0	D	Medio	0	D	Medio
-0.05	E1	Regular	-0.04	E1	Regular
-0.10	E2		-0.08	E2	
-0.16	F1	Fraco	-0.12	F1	Fraco
-0.22	F2		-0.17	F2	

Condições			Consistência		
+0.06	A	Ideal	+0.04	A	Perfeito
+0.04	B	Excelente	+0.03	B	Excelente
+0.02	C	Bom	+0.01	C	Bom
0	D	Medio	0	D	Medio
-0.03	E	Regular	-0.02	E	Regular
-0.07	F	Fraco	-0.04	F	Fraco

Adaptado de Barnes (1980)

Com os valores das performances de cada profissional baseados na Tabela 4.3 e utilizando a equação, o gerente é capaz de ajustar a estimativa de tempo da seguinte forma:

$$\text{Tempo ajustado} = \text{tempo previsto} \times \left(1 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} \right) \quad (4.10)$$

Na equação acima, $i=1\dots n$, refere-se aos profissionais que irão trabalhar no projeto, enquanto que $j=1\dots m$, refere-se aos valores dos fatores de desempenho.

Por fim, para a avaliação do atributo custo para execução dos projetos de TI/SI não foi elaborado um *framework* específico. Nesse caso, cabe ao decisor estimar, de acordo com seu conhecimento e experiência, um valor com base na complexidade do projeto.

4.3 Conclusões sobre as propostas iniciais

O modelo proposto será aplicado no capítulo a seguir, para avaliar o desempenho dos projetos de TI/SI. As propostas apresentadas nos itens 4.1 e 4.2 são de fácil implementação e utilizam-se de variáveis linguísticas, que são amplamente usadas por decisores e gerentes de projetos. Além disso, às informações inter e intracritérios recomenda-se não serem definidas arbitrariamente, mas por meio de procedimentos formais que auxiliem mais os decisores, expressando com mais robustez suas preferências. No item 4.1, a utilização de um método multicritério de agregação e avaliação dos projetos auxilia no ranqueamento destes, quanto aos seus desempenhos frente à qualidade, custo e tempo. No item 4.2 foram descritos, com mais detalhe, os processos para avaliação da qualidade e da estimativa de tempo para os projetos, através da lógica *fuzzy* e métricas de *software*, respectivamente. Sugere-se para trabalho futuro, o uso de procedimentos formais para estimativa de orçamento (custos) dos projetos, que não foi focado neste trabalho. Para as duas últimas medidas, tempo e custo, deverá ser feita comparações entre os valores obtidos pelos modelos, exceto o custo, que será feita uma

estimativa subjetiva do decisor, com os valores obtidos na prática. Entretanto, a forma de avaliá-los vai depender do momento em que se deseja efetuar essa análise, conforme dito anteriormente.

5 APLICAÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DOS PROJETOS DE TI/SI

De acordo com Almeida (2011), a aplicação de qualquer método de análise multicritério pressupõe a necessidade de se estabelecer os objetivos que o decisor pretende alcançar, estabelecendo a representação destes múltiplos objetivos através do uso de critérios ou atributos.

Sendo assim, o objetivo desse trabalho é avaliar e ilustrar o desempenho dos projetos de TI/SI, que representa uma grande contribuição na busca por um sistema de avaliação do desempenho de projetos das empresas de desenvolvimento de *software*, visto que, de acordo com Agarwal & Rathod (2006), infelizmente, esse campo não tem modelos confiáveis para avaliar o custo e o tempo de execução dos projetos. Além disso, um *framework* para orientar a delimitação das características desejadas e a funcionalidade de *software* não está disponível para avaliar a sua presença no produto de *software*.

Para a identificação dos projetos de TI, deve ser feita a análise daqueles que entrarão no estudo. Algumas empresas podem estar interessadas em analisar os projetos correntes a fim de lhes fornecerem o status de execução do mesmo, de forma que os gerentes possam tomar as devidas atitudes, melhorando a eficiência da organização, ou mesmo dos projetos já concluídos, com o intuito de formar um banco de lições aprendidas.

Seguindo o roteiro do modelo proposto, conforme figura 4.1, o próximo passo consiste na determinação dos critérios para avaliação dos projetos. Segundo Agarwal & Rathod (2006), o desempenho de um projeto de *software* é avaliado em termos de sua capacidade de alcançar o nível desejado de custo, tempo e qualidade. Portanto, um projeto de *software* é considerado bem sucedido se entrega o produto com pré-acordado nível de qualidade dentro do tempo e custo determinado.

Com a definição dos critérios, a próxima etapa permite estabelecer a forma de agregação dos critérios e será importante na escolha do método multicritério. Nesse momento é conduzido o processo para o estabelecimento dos pesos. De acordo com Figueira & Roy (2002), o procedimento de Simos é um processo simples, que utiliza um conjunto de cartas para determinar indiretamente valores numéricos para os pesos. Estes autores utilizaram esse procedimento para determinar os pesos dos critérios para o método ELECTRE, porém sendo útil em outros contextos, como por exemplo, para construir uma escala intervalar, escala de razão ou qualquer conjunto ordenado. Por fim, concluíram que este permite a qualquer

decisor, mesmo não familiarizado com apoio a decisão multicritério, a pensar sobre e expressar um ranking dos critérios e introduzir algumas informações complementares a fim de obter os pesos dos critérios.

Diante desse pressuposto, o presente trabalho utilizar-se-á desse mesmo procedimento para elicitar os pesos a fim de utilizá-los no método final. As próximas seções consistem na aplicação de todas as etapas do modelo apresentado no capítulo anterior.

5.1 Identificação dos projetos de TI/SI

Um método usual na tomada de decisão envolve selecionar uma solução de um conjunto de alternativas disponíveis (KEENEY & RAIFFA, 1976). Este conjunto, por sua vez, pode ser estável ou evolutivo (ALMEIDA, 2011). O primeiro, onde o conjunto é definido desde o início e não se altera no decorrer do processo decisório, corresponderá o caso do presente trabalho.

A identificação dos projetos a serem avaliados deve ser feito pelos responsáveis da área de TI/SI, como os gerentes e analistas. Entretanto, a fim de ilustrar a relevância do modelo proposto, o conjunto de alternativas de projetos de TI/SI foi elaborado a partir das informações da pesquisa de campo realizada. Conforme pôde ser visto nesta pesquisa, as empresas de TI/SI apresentam a característica de possuírem, muitas vezes, um portfólio variado de serviços (figura 3.2), que vão desde ao desenvolvimento de *softwares* comerciais, ao desenvolvimento de jogos, *web*, sistemas embarcados, aplicações para dispositivos móveis.

5.2 Desenvolvimento da medida de desempenho para a qualidade dos projetos

Para desenvolver uma medida de performance para avaliação da qualidade do projeto através de um procedimento mais formal e não puramente arbitrário, o presente estudo - conforme dito anteriormente - utiliza-se da lógica *fuzzy* em conjunto com um método multicritério para chegar a uma análise desses projetos. Como o objetivo dessa etapa é apenas ilustrar o uso do modelo descrito na figura 4.2 para a avaliação da qualidade dos projetos de SI/TI, os dados foram colhidos de Tsaur *et al.* (2002) e adaptados ao problema em questão.

O primeiro passo consiste da definição dos critérios de avaliação. Estes, obtidos por meio de pesquisas bibliográficas e pela aplicação de um questionário estão ilustrados na tabela 5.1. Esta tabela também apresenta as constantes de escala, que está relacionada com a forma como os critérios serão agregados. Já que nessa etapa está sendo avaliado apenas o atributo qualidade, então existe a idéia de compensar um menor desempenho de uma

alternativa em um dado critério por meio de um melhor desempenho em outro critério. Portanto, nesse caso consideram-se os *trade-offs* entre os critérios. Entretanto, além do procedimento de *trade-off*, existem outros métodos, conforme já discutidos, sendo que, para o presente trabalho, será utilizado o *swing* do SMARTER. Este pode ser útil em várias situações, incluindo quando o decisor não deseja efetuar a elicitação de magnitude dos pesos. Primeiramente a ordenação dos critérios e, posteriormente, utiliza-se o procedimento *Ranking Ordered Centroid* (equação 2.2) para a determinação dos pesos. A tabela a seguir ilustra a ordem dos critérios, bem como as constantes de escala.

Tabela 5.1 - Ordem dos critérios de avaliação da qualidade dos projetos

Ordem	Critérios	Constantes de escala
1	Cronograma impreciso	0,2212
2	Orçamento insuficiente	0,1545
3	Mão-de-obra especializada	0,1212
4	Comprometimento do gerente	0,0990
5	Exaustividade e clareza	0,0823
6	Especificação e detalhamento do projeto	0,0690
7	Metodologia de desenvolvimento	0,0579
8	Relacionamento da equipe	0,0484
9	Capacidade de <i>hardware</i>	0,0400
10	Ferramentas especializadas	0,0326
11	Priorização de atividades	0,0260
12	Conformidade	0,0199
13	Adaptabilidade	0,0143
14	Integração	0,0092
15	Interface do usuário	0,0044

De acordo com Zadeh (1975), é muito difícil expressar razoavelmente situações que são complexas ou difíceis de definir, portanto, o conceito de variável linguística é muito útil nessas ocasiões. O conceito de variável linguística já foi definido anteriormente, e um exemplo dela é a qualidade dos projetos de TI, avaliadas pelos gerentes de projetos. Os possíveis valores para essas variáveis podem ser: muito insatisfeito, insatisfeito, justo, satisfeito, muito satisfeito, e cada variável linguística pode ser indicada por um número *fuzzy* triangular dentro de uma escala de 0 a 100. Sendo assim, os gerentes são questionados a emitir seus julgamentos a cada um dos atributos definidos anteriormente.

Portanto, a Tabela 5.2 a seguir lista as medidas de performance dos três projetos avaliados, que foram calculados de acordo com as equações 4.1 a 4.5. Vale lembrar que esses dados foram utilizados apenas para ilustrar a aplicabilidade do modelo e, além disso, foram colhidos e adaptados a partir do trabalho de Tsaur *et al.* (2002).

Tabela 5.2 - Medida Fuzzy de performance da qualidade dos projetos

Critério de avaliação	Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3
Cronograma impreciso	(52.55, 58.81, 67.60)	(47.47, 59.01, 65.55)	(49.09, 58.55, 67.28)
Orçamento Insuficiente	(52.71, 62.67, 71.21)	(51.19, 60.77, 68.96)	(51.66, 61.32, 70.09)
Mão-de-obra especializada	(52.01, 61.91, 70.80)	(52.61, 62.19, 71.04)	(55.35, 65.05, 73.67)
Comprometimento do gerente	(45.15, 54.93, 64.10)	(53.02, 61.91, 71.05)	(51.48, 61.09, 69.81)
Exaustividade e clareza	(54.14, 67.94, 72.76)	(56.27, 66.04, 74.54)	(47.33, 56.75, 66.03)
Especificação e detalhamento do projeto	(59.86, 69.84, 77.90)	(57.98, 70.35, 76.48)	(56.51, 66.48, 74.70)
Metodologia de Desenvolvimento	(39.25, 48.40, 58.36)	(55.10, 67.66, 73.73)	(53.19, 63.04, 71.68)
Relacionamento da equipe	(54.18, 63.82, 72.68)	(54.61, 64.15, 72.72)	(53.09, 62.81, 71.71)
Capacidade do hardware	(54.27, 64.05, 72.73)	(54.88, 64.10, 72.81)	(53.00, 62.64, 71.31)
Ferramentas especializadas	(44.15, 53.58, 62.95)	(46.01, 55.57, 65.02)	(45.46, 55.15, 64.56)
Priorização de atividades	(51.60, 61.33, 70.05)	(48.35, 57.54, 67.09)	(49.93, 59.61, 68.59)
Conformidade	(58.53, 68.36, 80.33)	(60.96, 68.04, 76.73)	(49.43, 58.70, 67.73)
Adaptabilidade	(51.60, 61.46, 70.23)	(53.65, 63.19, 71.74)	(56.21, 66.19, 74.85)
Integração	(53.25, 62.86, 71.79)	(54.31, 63.71, 72.50)	(45.54, 54.88, 64.33)
Interface do usuário	(49.58, 59.19, 67.91)	(51.45, 61.20, 69.98)	(49.32, 59.08, 68.00)

Adaptado de Tsaur et al. (2002)

De posse desses valores e, utilizando-se a equação 4.6, a Tabela 5.3 a seguir, ilustra os valores dos números defuzzificados para cada um dos três projetos.

Tabela 5.3 - Valores defuzzificados

Critério de avaliação	Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3
Mão-de-obra especializada	61.57	61.95	64.69
Ausência de metodologia de Desenvolvimento	48.67	65.50	62.64
Adaptabilidade	61.10	62.86	65.75
Integração	62.63	63.51	54.91
Exaustividade e clareza	64.95	65.61	56.70
Capacidade do hardware	63.69	63.93	62.31

Orçamento Insuficiente	62.20	60.30	61.02
Cronograma impreciso	59.65	57.34	58.30
Comprometimento do gerente	54.73	62.00	60.79
Relacionamento da equipe	63.56	63.82	62.54
Ferramentas especializadas	53.56	55.54	55.06
Conformidade	69.07	68.58	58.62
Especificação e detalhamento do projeto	69.20	68.27	65.90
Priorização de atividades	60.99	57.66	59.38
Interface do usuário	58.89	60.88	58.50

Adaptado de Tsaur et al. (2002)

Dentre os procedimentos de agregação com função valor aditiva, decidiu-se então trabalhar com o TOPSIS pelo fato dele ser usualmente utilizado com a lógica *fuzzy* (SALEHI & TAVAKKOLI-MOGHADDAM, 2008). Além disso, alguns trabalhos apresentaram seus resultados, obtidos pelo método TOPSIS, mais satisfatórios quando comparados com outros métodos (ZANAKIS *et al.*, 1998).

Por fim, aplicando-se o método TOPSIS (equações 2.3 a 2.9), de acordo com os valores apresentados na tabela anterior, e as constantes de escala da tabela 5.1, chegar-se-á a um *ranking* dos três projetos quanto à avaliação das qualidades de cada um, conforme pode ser visto na tabela a seguir.

Tabela 5.4 - Ranking dos projetos

Rank	Projetos	Similaridade a solução ideal
1	Projeto 2	0.67824
2	Projeto 3	0.55085
3	Projeto 1	0.42974

O próximo passo do modelo consiste na determinação da medida de desempenho para o tempo de execução dos projetos, para posteriormente utilizar o método multicritério de agregação final, para poder avaliar o desempenho dos projetos.

5.3 Desenvolvimento da medida de desempenho para o tempo de execução dos projetos

O tempo estimado para execução dos projetos segue conforme as etapas descritas anteriormente na Figura 4.3. O primeiro passo é definir o número médio de instruções fontes (linhas de código) para cada projeto, que deve ser estimado pelos gerentes com base em

experiências passadas. A tabela 5.5 a seguir ilustra o número de instruções fontes de cada projeto.

Tabela 5.5 - Número de instruções-fonte

Projeto	Número de instruções-fontes (KDSI)
Projeto 1	50 KDSI
Projeto 2	65 KDSI
Projeto 3	60 KDSI

Utilizando-se a regra para o COCOMO intermediário e difuso, através da equação 4.7, determina-se o esforço não ajustado para cada projeto, conforme a Tabela 5.6 a seguir.

Tabela 5.6 - Estimativa de esforço não ajustado

Projeto	Estimativa de Esforço – COCOMO (H/M)
Projeto 1	240
Projeto 2	321
Projeto 3	294

Dependendo das características do projeto de *software*, pode haver um ajustamento do esforço através da escolha de multiplicadores, que variam de projeto para projeto. Cabe ao gerente avaliar esse ajustamento. Sendo assim, a tabela 5.7 a seguir ilustra as características de cada um dos três projetos.

Tabela 5.7 - Características internas dos projetos

Multiplicadores	Pesos						
	Atributos	Muito Baixo	Baixo	Nominal	Alto	Muito Alto	Extra Alto
RELY		0,75	0,88	1,00	1,15	1,40	
DATA			0,94	1,00	1,08	1,16	
CPLX		0,70	0,85	1,00	1,15	1,30	1,65
TIME				1,00	1,11	1,30	1,66
STOR				1,00	1,06	1,21	1,56
VIRT			0,87	1,00	1,15	1,30	
TURN			0,87	1,00	1,07	1,15	
ACAP		1,46	1,19	1,00	0,86	0,71	
AEXP		1,29	1,13	1,00	0,91	0,82	
PCAP		1,42	1,17	1,00	0,86	0,70	
VEXP		1,21	1,10	1,00	0,90		
LEXP		1,14	1,07	1,00	0,95		
MODP		1,24	1,10	1,00	0,91	0,82	
TOOL		1,24	1,10	1,00	0,91	0,83	
SCED		1,23	1,08	1,00	1,04	1,10	

(Fonte: Adaptado de Fernandes, 1995)

Tabela 5.8 - Legenda das cores de cada projeto

Projeto	Cor / Referência
Comum aos três projetos	
Projeto 1	
Projeto 2	
Projeto 3	

De posse do esforço (homem/mês) de cada projeto, o próximo passo é multiplicar cada estimativa pelos respectivos pesos dos fatores relacionados a cada projeto (de acordo com a tabela 5.7). Então, após o ajustamento obtêm-se os seguintes valores (já aproximados):

Tabela 5.9 - Estimativa de esforço por projeto ajustado

Projeto	Estimativa de Esforço – COCOMO (H/M)
Projeto 1	178
Projeto 2	127
Projeto 3	440

Com relação ao tamanho da equipe, este deve ser determinado a partir das informações dos gerentes a respeito das disponibilidades dos profissionais e dos perfis exigidos para execução de cada projeto. Desse modo, o gerente pode optar por utilizar-se da seguinte tabela que ilustra as habilidades de cada profissional para cada projeto. Nesse caso, “x” indica as habilidades dos profissionais e “√” as características exigidas pelo projeto. Sendo assim, a capacidade requerida de cada profissional em cada projeto é julgada como sendo o percentual entre as características do projeto e as habilidades dos profissionais. A figura a seguir ilustra o score do profissional 1 em relação aos três projetos. Esse mecanismo deve ser feito para todos os possíveis profissionais disponíveis para execução do projeto, sendo os mais capacidades alocados para execução do mesmo.

Profissional 1	Intrapessoal						Organizacional				Interpessoal				Gerenciamento		Capacidade satisfeita vs. Requerida	Percentual (%)			
	Análise	Tomada de decisão	Independência	Inovação	Julgamento	Tenacidade	Tolerância ao stress	Organização	Gerenciamento de Risco	Conhecimento Ambiental	Disciplina	Orientação ambiental	Serviço ao cliente	Habilidades em negociação	Empatia	Sociabilidade			Trabalho em equipe	Avaliação co-trabalho	Liderança em grupo
Projeto_1	x	x						x								x	x		x		6
	√	√		√				√	√				√		√	√	√	√	√		12
																					0.5
Projeto_2	x	x			x		x					x	x				x	x			8
	√	√	√		√	√	√	√	√			√	√				√	√	√		13
																					0.615
Projeto_3		x	x	x						x	x										7
	√	√	√	√						√	√		√	√	√				√		10
																					0.7

Figura 5.1 - Influência das habilidades dos profissionais nas características de cada projeto

Calculados os percentuais de cada profissional para cada projeto, o gerente está apto a decidir quem alocar a cada projeto, pois aqueles que estiverem mais bem ranqueados deverão ser os escolhidos. Uma vez determinado o tamanho da equipe, utiliza-se a equação 4.9 e os dados da Tabela 5.9 para determinar o tempo de execução dos projetos. Para fins de ilustração da aplicação do modelo, considere que cada projeto seja executado pela quantidade de profissionais e o respectivo tempo, conforme a tabela abaixo.

Tabela 5.10 - Estimativa de tempo não ajustada

Projeto	Quantidade de Profissionais	Estimativa de Tempo
Projeto 1	8	22.25 meses
Projeto 2	10	12.7 meses
Projeto 3	14	31.42 meses

Feito esse procedimento, o próximo passo consiste em ajustar o tempo de execução dos projetos de acordo com o modelo proposto por Barnes (1980) e a equação 4.10. Nesse caso, mais uma vez o decisor deve inferir os atributos para cada profissional em cada projeto. Por exemplo, conforme a Tabela 5.11, o decisor atribui aos profissionais os seguintes atributos ao projeto 1:

Tabela 5.11 - Atributos para cada profissional para o projeto 1

Profissionais / Atributos	Habilidade	Esforço	Condições	Consistência
Professional 1	+0.11	+0.05	+0.02	+0.03
Professional 2	+0.06	+0.02	+0.04	+0.01
Professional 3	+0.11	+0.05	+0.02	+0.04
Professional 4	+0.06	+0.02	+0.02	+0.04
Professional 5	+0.11	+0.08	+0.04	+0.04
Professional 6	+0.11	+0.05	+0.02	+0.01
Professional 7	+0.06	+0.05	+0.02	+0.03
Professional 8	+0.15	+0.05	+0.04	+0.03

Com os valores da tabela acima e utilizando a equação 4.10, o gerente está apto a calcular o respectivo tempo de execução do projeto 1, de acordo com as características dos profissionais escolhidos. Nesse caso, o novo tempo passa para 13.13 meses. Esse dado é de grande importância para que os gerentes possam construir uma linha base do tempo de execução do projeto.

A estimativa de custo, conforme dita anteriormente, fica por base da subjetividade e da capacidade de avaliação do gerente. Este, através de conhecimento e experiência na área, além de informações sobre projetos anteriores, pode estimar um valor para o custo de desenvolvimento do projeto.

5.4 Utilização do procedimento de Simos para obtenção dos pesos dos atributos

Para que se possa utilizar o modelo final, de agregação e apoio a decisão, que utiliza os atributos de custo, tempo e qualidade, é necessário atribuir os valores aos pesos desses critérios. De forma que se possam obter informações mais precisas com relação a esses valores, faz-se necessário o uso de procedimentos formais para a elicitação dos pesos e, neste trabalho, foi sugerida a utilização do procedimento de Simos. Esse procedimento é usado para a agregação final, mas acredita-se que isso possa ser feito depois de se chegar à avaliação dos critérios, para dar uma noção melhor ao decisor.

A proposta do presente trabalho apresenta apenas três critérios, que são: custo, tempo e qualidade. Cada critério é representado por c_1 , c_2 e c_3 , respectivamente. A seguinte tabela apresenta as informações dadas pelos conjuntos de cartas, de acordo com o procedimento de Simos.

Tabela 5.12 - Apresentação das informações dadas pelo conjunto de cartas

Rank	Subconjunto de ex aequo	Número de cartas associadas ao rank
1	C ₃	1
2	Carta branca	1
3	C ₂	1
4	C ₁	1

Conforme a tabela 5.12, o critério que recebe a posição 1 é o critério menos qualificado. Seguindo essa lógica, em ordem crescente de importância, tem-se, qualidade, tempo e custo. O próximo passo consiste em converter os ranks em pesos com o uso do procedimento de Simos, de acordo com a tabela a seguir.

Tabela 5.13 - Convertendo os rankings em pesos utilizando o procedimento de Simos

Subconjunto de ex aequo	Número de cartas	Posições	Pesos Não normalizados	Pesos Normalizados	Total
C ₃	1	1	1	12,5	12,5
Carta branca	1	(2)
C ₂	1	3	3	37,5	37,5
C ₁	1	4	4	50	50
Soma	4	8*	100

Conforme pôde ser visto na tabela 5.13 anterior, a soma de todos os pesos normalizados corresponde a 100, o que significa a não necessidade de se utilizar o procedimento revisado de Simos. De acordo com Figueira & Roy (2002), no apoio a decisão em problema do cotidiano, é muito difícil usufruir desse procedimento, visto que, em vários casos, a soma de todos os pesos normalizados não corresponde a 100.

5.5 Avaliação de desempenho dos projetos de TI/SI

A última etapa do modelo consiste na avaliação de desempenho dos projetos de TI/SI aplicando-se um método de decisão multicritério. Dentre os métodos baseados na relação de sobreclassificação, decidiu-se então, selecionar o método PROMÉTHÉE II para trabalhar este problema, cuja problemática é a ordenação das alternativas para avaliação do desempenho quanto ao custo, tempo e qualidade, por sua vantagem em requerer uma informação adicional muito clara, que pode ser facilmente obtida e gerenciada tanto pelo decisor como pelo analista. Esta informação adicional, a noção de critério generalizado, é introduzida com a finalidade de captar a amplitude das diferenças entre as avaliações de cada um dos critérios, enriquecendo a estrutura de preferência. Além do mais, é um método flexível, oferecendo dois

graus de liberdade ao decisor: o primeiro é relativo à seleção do tipo de função de preferência e o segundo os limites a definir (BRANS & MARESCHAL, 1994).

O PROMÉTHÉE II é baseado na utilização do fluxo líquido que é obtido com base na equação 2.13. Neste trabalho foi utilizado o critério usual, onde não há parâmetro a ser definido, pois o objetivo maior é definir um *ranking* dos projetos.

Para a análise do desempenho dos projetos quanto ao custo e ao tempo, existem duas considerações a serem feitas. Caso o projeto já tenha sido concluído, foi determinada a variação entre o planejado, por um modelo, e o real. No caso do custo, se essa variação foi negativa, o custo planejado não foi o suficiente para cobrir o projeto. Porém, fica uma sugestão para trabalhos futuros, uma aplicação de técnicas consistentes para a obtenção do custo de execução dos projetos. Da mesma forma, no caso do tempo, se a diferença for negativa, significa que o projeto foi executado num intervalo de tempo maior que o planejado. Por outro lado, caso o projeto ainda esteja em andamento, foi analisado o percentual de quanto esteja sendo consumido. Por exemplo, no caso do tempo, o projeto já pode estar com 50% do seu prazo planejado estourado, com base nos cálculos do item 5-3. Da mesma forma, no caso do custo, o projeto já pode estar com 60% do orçamento inicial previsto, a partir do conhecimento do gerente.

Em contrapartida, os valores da variável qualidade são obtidos diretamente por meio da aplicação da lógica *fuzzy* em conjunto com um método multicritério, conforme mostra a tabela 5.4. Os valores dos pesos dos critérios foram obtidos por meio do procedimento de Simos e, apenas como padronização, esses valores foram divididos por 100.

A avaliação intracritério, que consiste na avaliação de cada alternativa *i* para cada critério *j*, permite representar o problema numa matriz de consequências na forma dos valores obtidos para cada consequência, conforme a tabela 5.14 abaixo. Nessa tabela, foram considerados os valores quando o projeto ainda está em andamento, ou seja, para o Projeto 1, este já está com 60% do seu orçamento inicial consumido, como também com 75% do seu tempo planejado utilizado.

Tabela 5.14 - Matriz de Decisão

Alternativas	Critério		
	Qualidade	Custo	Tempo
Projeto1	0.42974	0,6	0,75
Projeto 2	0.67824	0,4	0,9
Projeto 3	0.55085	0,8	0,65

O ranqueamento das alternativas, pelo Promethee II, é visto na figura abaixo, calculado com o auxílio do *Software Decison Lab*. Este ranking representa o desempenho dos projetos faces aos critérios qualidade, custo e tempo. Vale ressaltar que, como o PROMÉTHÉE II realiza uma comparação par a par entre as alternativas, gerando algum indicador de preferência entre duas alternativas, é interessante que haja um número mínimo destas. Entretanto, apenas para fins de ilustração do modelo, foram utilizadas apenas três alternativas.

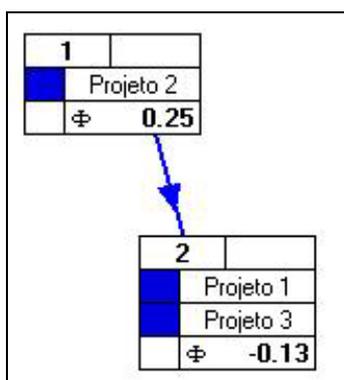


Figura 5.2 - Avaliação do fluxo líquido

5.6 Avaliação dos resultados

De uma maneira geral, a idéia da agregação final tem por finalidade apoiar o decisor na atenção que deve ser dada ao projeto com o pior desempenho. Esta, por exemplo, envolve alocar mais recursos para aqueles projetos que estão na iminência de ultrapassar suas estimativas de custo e tempo.

Para cada valor atribuído na matriz de decisão, o método gera um valor para o fluxo líquido, desempenhando um papel de uma função de três variáveis com valores reais. A interpretação dos resultados pode ser feita da seguinte forma: para o projeto 1, com fator de

qualidade de 0.42974, com 60% do orçamento previsto já utilizado e com 75% do tempo já consumido, a medida de eficiência de seu desempenho (fluxo líquido) ficou em -0.13, o que é relativamente baixa, pois enquanto seu valor de qualidade foi mais baixo que os demais, e este possui o menor peso, os outros valores foram relativamente altos e com seus pesos sendo maiores. Dessa forma, o mesmo raciocínio segue para os demais projetos.

De uma maneira geral, o *ranking* das medidas de desempenho dos projetos é resumido conforme a tabela 5.15 a seguir:

Tabela 5.15 - *Ranking dos projetos pelo fluxo líquido*

Projetos	Ranking
Projeto 2	0.25
Projeto 3 e Projeto 1	- 0.13

Conforme se pode perceber, o resultado mostra que houve um empate entre dois projetos. Isso pode ter ocorrido pelo uso de poucas alternativas e, o que se recomenda fazer é uma análise mais detalhada das alternativas que tiveram o mesmo desempenho. Tal análise pode levar em conta o valor da importância relativa que foi atribuído a cada critério e o decisor optar por dar mais atenção àquele projeto que teve um pior desempenho no critério considerado pelo mesmo como o mais importante.

5.6.1 Análise de Sensibilidade

O processo de análise de sensibilidade possibilita ao decisor explorar os efeitos das variações dos seus dados no conjunto de alternativas produzidas pela análise de decisão, permitindo a verificação da robustez do modelo. Quando pequenas variações produzem efeitos substanciais, fica claro que o decisor deve parar e refletir a respeito de suas opiniões, garantindo assim que os números utilizados representem o melhor de suas preferências. Quando variações moderadas ou mesmo grandes variações são percebidas sem que afetem os dados em questão, qualquer incerteza atribuída pode ser ignorada. O decisor pode se concentrar em questões importantes, não se desviando para justificativas enfadonhas ou opiniões que não apresentam grande peso na decisão final (HOLTHAM, 1992).

Para verificar este comportamento, faz-se uma simulação da alteração da importância relativa de cada critério em $\pm 10\%$ no seu peso. As simulações mostraram que o cenário é susceptível a inversão de ordem com a alteração dos pesos. No entanto, a melhor alternativa é a mesma em qualquer alteração, ou seja, o projeto 2 tem o melhor desempenho.

Vale ressaltar que, para uma melhoria do tempo de execução do projeto, o gerente pode identificar as atividades específicas do cronograma que precisam ser realizadas para produzir as várias entregas do projeto, identificar a dependência das atividades do cronograma, estimar os tipos e as quantidades de recursos necessários para realizar cada atividade, obtendo assim, um maior controle do cronograma.

Para uma melhoria do gerenciamento de custos do projeto, se este for um fator de peso para a redução do índice de eficiência, o gerente de projeto deve focar nos principais processos da gestão de custos, como na estimativa de custos, orçamentação e nos controles de fluxos, para que o projeto possa ser executado dentro do orçamento aprovado.

Portanto, a grande contribuição dessa metodologia está no auxílio do suporte à decisão aos gerentes de projetos na atenção que eles devam dar a estes projetos. Vale ressaltar que, a aplicação deste modelo pode ser útil na avaliação de projetos que estejam em andamento ou em projetos já concluídos, servindo como uma base de lições aprendidas.

É interessante também, comparar essas medidas com outras, por exemplo, fazendo uma análise desses resultados com os resultados correntes de um sistema como o Project ou o *software* Primavera, de uso mais comum nas empresas.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

6.1 Conclusões

O estudo realizado teve como objetivo o desenvolvimento de um modelo multicritério de apoio a decisão para contribuir na análise do desempenho de projetos de TI/SID, pois garantir o bom desempenho desses projetos dentro de uma organização é de extrema relevância.

A utilização do modelo para auxiliar as recomendações dos gerentes permite que os projetos sejam analisados segundo os diferentes aspectos envolvidos pela situação, levando em consideração o tempo de execução, o custo envolvido e a qualidade dos projetos. Isso é satisfatório, considerando-se que há uma dificuldade na escolha de ferramentas para avaliar a performance de um projeto (QURESHI *et al.*, 2009). Além disso, é reconhecido que o papel das diferentes técnicas de gestão para implementar projetos bem sucedidos tem assumido grande relevância (AGARWAL & RATHOD, 2006).

Para as duas primeiras dimensões, esta análise pode ser feita em dois momentos, quando o projeto está concluído, determinando-se a variação entre o valor planejado, através do modelo, e o valor real, ou quando o mesmo ainda está em andamento, verificando o percentual de quanto o valor planejado esteja sendo consumido. Para a qualidade dos projetos de desenvolvimento de *software*, esta é obtida a partir de julgamentos referentes a alguns aspectos críticos para o seu gerenciamento, considerados por meio de uma revisão da literatura, como os descritos no trabalho de Geraldi *et al.* (2011), e da aplicação de um questionário nas empresas instaladas no Porto Digital, sediado em Recife-PE.

A pesquisa de campo permitiu fazer uma análise geral sobre essas empresas, identificando fatores-chave para avaliar questões referentes ao gerenciamento e à qualidade dos projetos de TI/SI. Entretanto, os resultados obtidos não têm a pretensão de ser generalizados para todas as empresas do setor. Para a avaliação da qualidade, também foram utilizados outros aspectos apreciados na literatura.

Para descrever o parâmetro de tempo do projeto, foi considerada a duração do projeto planejado, utilizando-se das métricas de *software*, como a quantidade de linhas de código e características intrínsecas dos projetos, e a duração real. Essa mesma idéia foi utilizada para verificar o desempenho do orçamento (custo planejado e o real). Entretanto, não foi utilizado um procedimento formal para a estimação do custo do projeto. Este, então, fica como

sugestão para trabalhos futuros. Para a avaliação da qualidade dos projetos foi utilizado um modelo, baseado em Tsaur *et al.* (2002), onde utiliza a lógica *fuzzy*, através de variáveis linguísticas para avaliar os atributos referentes a qualidade dos projetos. Após a defuzzyficação, estes valores foram inseridos num método de decisão multicritério para servirem de *inputs* no método de agregação final.

Por fim, estas medidas foram agregadas através de um método de decisão multicritério, de caráter não compensatório, realizando um ranking de performance dos projetos. Este, por sua vez, permite aos gerentes saber quais são os projetos mais críticos, ou seja, aqueles que estão com baixo desempenho.

Neste aspecto é relevante ressaltar que a aplicação do modelo foi desenvolvida com a finalidade principal de ilustrar o emprego do modelo proposto, limitando-se à priorização dos projetos avaliados. É válido ressaltar que possivelmente outros critérios poderiam ter sido considerados na análise, como também outras alternativas de solução incorporadas, o que obviamente modificaria o resultado final da análise. Isso permitirá o uso de métodos mais rigorosos para a avaliação do projeto, como também numa imagem mais satisfatória do desempenho de projetos no mundo de *software*.

A análise de sensibilidade realizada com variação da importância relativa de cada critério em $\pm 10\%$ em seu peso, mostrou que o cenário é susceptível a inversão de ordem. Isso pode ser importante caso o gerente opte por priorizar um critério específico para avaliação.

A facilidade de aplicação do modelo e o entendimento do seu funcionamento por parte dos decisores são fatores que contribuem para a importância do mesmo. Entretanto, poder-se-ia torná-lo ainda mais acessível, caso fosse desenvolvido um sistema, no qual toda a formulação matemática estivesse implementada, com o decisor apenas fornecendo as informações necessárias.

Este trabalho torna-se útil para a indústria de *software* em termos de gestão dos seus recursos, de tal forma que o foco dos profissionais na funcionalidade possa ser canalizado para atender as prioridades do projeto e a satisfação do cliente.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

Acredita-se que esse trabalho, além de representar uma contribuição para a literatura da avaliação de projetos de desenvolvimento de *software*, abre espaço para outras propostas. Algumas sugestões para futuros trabalhos, dentro desse contexto, são:

- Utilização de outras formas de elicitação de informações inter e intracritérios para os atributos dos projetos.
- Incorporação de novos atributos do projeto, como riscos, recursos humanos.
- Obtenção de dados do *framework* para qualidade dos projetos.
- Utilização de técnicas de estimativas de *software* para analisar o custo de execução dos projetos, como as técnicas COCOMO, COCOMO II e Pontos por Função.
- Expandir o modelo para avaliar as eficiências dos projetos em geral, não se limitando aos projetos de desenvolvimento de *software*.
- Desenvolvimento de um sistema para facilitar a manipulação dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACUÑA, S.T; JURISTO, N; MORENO, A.M. Emphasizing Human Capabilities in *Software Development*. *IEEE Software*, s.l, 23: 94-101, 2006.
- AGARWAL, N. & RATHOD, U. Defining success for software projects: An exploratory revelation. *International Journal of Project Management*, 24: 358-370. 2006.
- ALMEIDA, A.T. de. *O conhecimento e o uso de métodos multicritério de apoio a decisão*. 2. ed, Recife, Universitária/UFPE, 2011.
- BACCARINI, D. The logical framework method for defining project success. *Project Management Journal*, 30 (4), 1999.
- BANNISTER, F. & REMENYI, D. – Why IT Continues to Matter: Reflections on the Strategic Value of IT. *Electronic Journal of Information Systems*, 8 (3): 143-230, 2005.
- BARAD, M. & RAZ, T. Contribution of quality management tools and practices to project management performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 17 (4/5): 571–83, 2000.
- BARNES, R. *Motion and Time Study*, 7. Ed, John Wiley and Sons, New York, NY, 1980.
- BELLMAN, R. E., & ZADEH, L. A. Decision making in a *fuzzy* environment. *Management Science*, 17 (4): 141–164, 1970.
- BRANS, J.P. & MARESCHAL, B. *PROMÉTHÉE-GAIA: une méthodologie d'aide à la décision en présence de critères multiples*. Éditions de L'Université de Bruxelles, Bruxelles, 2002.
- BRANS, J.P. & MARESCHAL, B. *PROMCALC & GAIA: A new decision support system for multicriteria decision aid*. *Decision Support Systems*, 12: 297-310, 1994.
- BRYDE, J.D. Project management concepts, methods and application. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 23 (7):775–93, 2003.
- BRYNJOLFSSON, E. & HITT, L.M. Beyond the Productivity Paradox: Computers are the Catalyst for Bigger Changes. *Commun. ACM*, New York, 41 (8): 49-55, aug. 1998.
- CHAN, Y.E. IT value: The great divide between qualitative and quantitative and individual and organizational measures. *Journal of Management Information Systems*, 2000.
- CHEN, S-M. *Fuzzy group decision making for evaluating the rate of aggregative risk in software development*. *Fuzzy Sets and Systems*, 118: 75-88, 2001.
- CHEN, Y. & ZHU, J. Measuring Information Technology's Indirect Impact on Firm Performance. *Information Technology and Management*, 5: 9-22, 2004.

- CHEN, Y.; KILGOUR, D.M.; HIPEL, K.W. Screening in multiple criteria decision analysis, *Decision Support Systems*, 45: 278–290, 2008.
- CRAWFORD, P. & BRYCE, P. Project monitoring and evaluation: a method for enhancing the efficiency and effectiveness of aid project implementation. *International Journal of Project Management*, 21: 363–373, 2003.
- DUBOIS, D. & PRADE, H. Operations on fuzzy number. *International Journal of System Science*, 9 (6): 613–626, 1978.
- DUHAN, S.; LEVY, M.; POWELL, P. Information Systems strategies in knowledge-based SME's: the role of core competencies. *European Journal of Information Systems*, 10 (1): 25-40, 2001.
- DWEIRI, F. Fuzzy development of crisp activity relationshipcharts for facilities layout, *Computers and Industrial Engineering*, 36: 1–16, 1999.
- DWEIRI, F.T. & KABLAN, M.M. Using fuzzy decision making for the evaluation of the project management internal efficiency. *Decision Support Systems*, 42: 712– 726, 2006.
- EBERT, C. Technical controlling in software development. *International Journal of Project Management*, 17 (1): 17-28, 1999.
- EDWARDS, W. & BARRON, F.H. SMARTS and SMARTER: Improved simple methods for multiattribute utility measurement. *Organizational Behavior and Human Decision Process*, 60: 306-325, 1994.
- ELONEN, S. & ARTTO, K.A. Problems in managing internal development projects in multi-project environments. *International Journal of Project Management*, 21 (6), 395–402, 2003.
- ERTUGRUL, I. Fuzzy Group Decision Making for the Selection of Facility Location. *Group Decision Negotiation*, Dezembro. 2010.
- FERNANDES, A. A. *Gerência de software através de métricas: garantindo a qualidade do projeto, processo e produto*. São Paulo, Atlas, 1995.
- FIGUEIRA, J. & ROY, B. Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure. *European Journal of Operational Research*, 139: 317–326, 2002.
- GERALDI, J.G.; KUTSCH, E.; TURNER, N. Towards the conceptualism of quality in information technology projects. *International Journal of Project Management*, 29: 557-567, 2011.
- GHASEMZADEH, F. & ARCHER, N.P. Project portfolio selection through decision support. *Decision Support Systems*, 29 : 73–88, 2000.
- GLASS, R.L. Frequently forgotten fundamental facts about software engineering. *IEEE Software*, 18 (3), 112 110-111, 2001.

- GOMES, L.F.A.M.; GOMES, C.F.S.; ALMEIDA, A.T. *Tomada de decisão gerencial: Enfoque Multicritério*. São Paulo, Atlas, 2002.
- GRAEML, A. O valor da Tecnologia da Informação. In: I SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INDUSTRIAIS, 1, São Paulo, 1998. *Anais*, São Paulo, EAESP-FGV, 1998.
- HENDERSON, J. C. & VENKATRAMAN, N. Strategic alignment: leveraging information technology or transforming organizations. *IBM Systems Journal*, 32 (1): 4-16, 1993.
- HERRERA, F.; Herrera-Viedma, E.; VERDEGAY, J.L. A model of consensus in group decision making under linguistic assessments. *Fuzzy Sets and Systems*, 78: 73-87, 1996.
- HILL, J.; THOMAS, L.C.; ALLEN, D.E. Experts' estimates of task durations in software development. *International Journal of Project Management*, 18: 13-21, 2000.
- HOLTHAM, C. *Executive information system and decision support*. Chapman & Hall, 1992.
- HWANG, C. & YOON, K. *Multiple attribute decision making: Methods and application*. New York, Springer, 1981.
- JIANG, J.J. & KLEIN, G. Project Selection criteria by strategic orientation. *Information & Management*, 36 : 63-75, 1999.
- JOSHI, K. & PANT, S. Development of a framework to assess and guide IT investments: An analysis based on a discretionary–mandatory classification. *International Journal of Information Management*, 28: 181-193, 2008.
- KAUFMANN, A. & GUPTA, M.M.. *Fuzzy mathematical models in engineering and management science*. USA, Elsevier, 1988.
- KEEN, P.G.W. Information Technology and the Management Theory: The Fusion Map. *IBM Systems Journal*, 32 (1): 17-38, 1993.
- KEENEY, R. & RAIFFA, H. *Decision with multiple objectives: Preference and value tradeoffs*. New York, Wiley, 1976.
- KEMERER, C.F. “An Empirical Validation of Software Cost Estimation Models, *Management of Computing*, 30 (5), 1987.
- KERZNER, H. *Gestão de Projetos: As Melhores Práticas*. São Paulo, Bookman, 2006.
- KORHONEN, P. Multiple criteria decision support—a review. *European Journal of Operational Research*, 63: 361–375, 1992.
- LAUGHLIN, P. R. Social choice theory, social decision scheme theory and group decision-making. *Group Processes Intergroup Relations*, 14 (1): 63-79, 2011.
- LAURAS, M.; MARQUES, G.; GOURC, D. Towards a multi-dimensional project Performance Measurement System. *Decision Support Systems*, 48: 342–353, 2010.

- LAURINDO, F. J. B. *Tecnologia da Informação: eficácia nas organizações*. São Paulo, Futura, 2002.
- LEE, H-M. Applying *fuzzy* set theory to evaluate the rate of aggregative risk in *software* development. *Fuzzy Sets and Systems*, 79: 323-336, 1996.
- LEE, J.W. & KIM, S.H. Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection. *Computers & Operations Research*, 27 : 367–382, 2000.
- LENFLE, S. Exploration and project management. *International Journal of Project Management*, 26 : 469–478, 2008.
- LEYVA-LÓPEZ, J.C. & FERNANDÉZ-GONZÁLEZ, E. A new method for group decision support based on ELECTRE III methodology. *European Journal of Operational Research*, 148: 14–27, 2003.
- LIN, L.Z.; HUANG, L.C.; YEH, H.R. Fuzzy Group Decision-Making for Service Innovations in Quality Function Deployment. *Group Decis Negot*, 2011.
- LYYTENIN, K. Expectation failure concept and systems analyst's view of information systems failures: results of an exploratory study. *Information Management*, 14(1): 45–56, 1988.
- MAHANEY, R.C. & LEDERER, A.L. The role of monitoring and shirking in information systems project management. *International Journal of Project Management*, 28: 14–25, 2010.
- MAMADANI, E.H. Applications of *fuzzy* algorithm for simple dynamic plant, *IEE Proceedings*, 121: 1585–1588, 1974.
- MARTINSUO, M. & LEHTONEN, P. Role of single-project management in achieving portfolio management efficiency. *International Journal of Project Management*, 25: 56–65, 2007.
- MARQUES, G.; GOURC, D.; LAURAS, M. Multi-criteria performance analysis for decision making in project management. *International Journal of Project Management*, 29: 1057–1069, 2010.
- MATSATSINIS, N. F. & SAMARAS, A. P. MCDA and preference disaggregation in group decision support systems. *European Journal of Operational Research*, 130 (2): 414-429, 2001.
- MONTEVECHI, J.A.B. Contribuição para Identificação de Similaridades entre Peças - Abordagem Baseada na Lógica *Fuzzy* em Sistemas de Apoio Computadorizados. Tese de Doutorado. São Paulo - SP, 1995
- MUNNS, A. K. & BJEIRMI, B. F. The role of project management in achieving project success. *International Journal of Project Management*, 14 (2): 81-87, 1996

- PATANAKUL, P. & MILOSEVIC, D. The effectiveness in managing a group of multiple projects: Factors of influence and measurement criteria. *International Journal of Project Management*, 27: 216–233, 2009.
- PLAZA, M. & TURETKEN, O. A model-based DSS for integrating the impact of learning in project control. *Decision Support Systems*, 47: 488–499, 2009.
- PORTER, M. E. & MILLAR V. E. How information gives you competitive advantage. *Harvard Business Review*, 149-160, jul/ago. 1985.
- PRESSMAN, R. S. *Engenharia de Software*. 5 ed. Rio de Janeiro, McGraw-Hill, 2002.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI, *Um guia do Conjunto de Conhecimentos de Gerenciamento de Projetos - PMBOK*, Syba: PMI Publishing Division, 2004.
- QURESHI, T.M.; WARRAICH, A.S.; HIJAZI, S.T. Significance of project management performance assessment (PMPA) model. *International Journal of Project Management*, 27: 378–388, 2009.
- RAIFFA, H. *Decision Analysis*. Locak, Addison-Wesley, 1968.
- RAYMOND, L. & BERGERON, F. Project management information systems: An empirical study of their impact on project managers and project success. *International Journal of Project Management*, 26: 213–220, 2008.
- ROY, B. *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Kluwer Academic Publishers, 1996.
- ROY, B. & BOUSSOU, D. *Aid multicritère à la decision. Méthodes et cas*. Paris, Economica. 1993
- SALEHI, M. & TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R.: Project Selection by Using a Fuzzy TOPSIS Technique. *International Journal of Computer, Information, and Systems Science, and Engineering* Spring, 2 (2): 99-104, 2008.
- SANTOS, S.L. & LAURINDO, F.J.B. Tecnologia da Informação e produtividade: identificação de fatores de suporte para aumento da produtividade. ENEGEP – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXIV, Anais, Florianópolis - SC, 2004.
- SAVOLAINEN, P.; AHONEN, J.J.; RICHARDSON, I. Software development project success and failure from the supplier's perspective: A systematic literature review. *International Journal of Project Management*, 2011.
- SHAFER, S.M. & BYRD, T.A. A *framework* for measuring the efficiency of organizational investments in information technology using data envelopment analysis. *The International Journal of Management Science*. Omega, 28: 125-141, 2000.
- SHAW, Ian S.: *Controle e Modelagem Fuzzy*, Edgard Blücher, 2004.
- SHENHAR, A.J., LEVY, O., DVIR, D. Mapping the dimensions of project success. *Project Management Journal*, 28 (2), 1997.

- SIRCAR, S.; TURNBOW, J.L.; BORDOLOI, B. A *framework* for assessing the relationship between information technology investments and firm performance. *Journal of Management Information Systems*, 16 (4): 69-97, 2000.
- STRASSMAN, P. A. *The business value of computers*. New Canaan, The information Economic Press, 1990.
- STRATOPOULOS, T. & DEHNING, B. Does successful investment in IT solve the productivity paradox? *Information & Management*, 38: 103-117, 2000.
- SWINK, M.; TALLURI, S.; PANDEJPONG, T. Faster, better, cheaper: a study of NPD project efficiency and performance tradeoffs. *Journal of Operations Management*, 24: 542-562, 2005.
- TONI, A. De & TONCHIA, S. Performance measurement systems: models, characteristics and Measures. *International Journal of Operations and Production Management*, 21 (1-2): 46-70, 2001.
- TSAUR, S.H.; CHANG, T.; YEN, C. The evaluation of airline service quality by *fuzzy* MCDM. *Tourism Management*, 23: 107-115, 2002.
- TURNER, J.R. & MULLER, R. On the nature of the project as a temporary organization. *International Journal of Project Management*, 21: 1-8, 2003.
- VARGAS, R. V. *Gerenciamento de Projetos*, Rio de Janeiro, BRASPORT, 2005.
- VIEIRA, M. F. *Gerenciamento de Projetos de Tecnologia da Informação*. 2. ed, Rio de Janeiro, Elsevier, 2007.
- VINCKE, P. *Multicriteria Decision-Aid*. John Wiley & Sons Ltd. 1992.
- ZADEH, L.A. *Fuzzy Sets*. *Information and Control*, 8: 338-359, 1965.
- ZADEH, L. A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information sciences*, 1: 8, 199-249, 1975.
- ZADEH, L.A. Is there a need for fuzzy logic? *Information sciences*, 178: 2751- 2779, 2008.
- ZANAKIS, S. H.; SOLOMON, A.; WISHART, N.; DUBLISH, S. Multi-attribute decision making: A simulation comparison of select methods. *European Journal of Operational Research*, 107: 507-529, 1998.
- ZHAO, R. & GOVIND, R. Algebraic characteristics of extended *fuzzy* number. *Information Science*, 54: 103-130, 1991.
- WILLCOCKS, L., Lester, S. - Beyond IT Productivity Paradox. *European Management Journal*, 14 (3): 279-290, jun 1996.
- YEJUN, X. & HUIMIN, W. Approaches based on 2-tuple linguistic power aggregation operators for multiple attribute group decision making under linguistic environment. *Applied Soft Computing*, 11 (5): 3988-3997, 2011.

YU ANGUS, G.; FLETT, P.D.; BOWERS, J.A. Developing a value-centred proposal for assessing project success. *International Journal of Project Management*, 23: 428–436, 2005.

APÊNDICE 1- QUESTIONÁRIO

1) Identificação da Empresa:

1_A) Razão Social:

1_B) Ano de início de operação:

2) Características da Empresa

Área de atuação da empresa:

0 jogos 1 sistemas embarcados 2 dispositivos móveis 3 web

4 *software* comercial 5 Outsourcing 6 Consultoria 7 Outros

3) Sua empresa está vinculada a alguma incubadora ou parque tecnológico?

0 Não 1 Sim (Favor, especificar)

4) Existe alguma integração com universidades?

0 Não 1 Sim (Favor, especificar)

5) Possui alguma fonte de Financiamento?

0 Não 1 Sim (Favor, especificar)

6) Até que ponto você concorda que a atividade de P&D contribui para:

6_A) Desempenho da organização	Concordo Plenamente			Discordo Plenamente	
	5 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
6_B) Alcance dos objetivos estratégicos	Concordo Plenamente			Discordo Plenamente	
	5 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
6_C) Criação de vantagens competitivas	Concordo Plenamente			Discordo Plenamente	
	5 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>

7) Qual a faixa de faturamento anual da empresa?

0 até R\$ 50mil 1 de R\$ 50 e R\$ 100mil 2 de R\$ 100 a R\$ 300mil

3 de R\$ 300 a R\$ 500mil 4 mais de R\$ 500mil

8) Qual o percentual do faturamento anual é destinado às atividades de TI?

0 até 0,25% 1 de 0,26 a 0,5% 2 de 0,5 a 1% 3 de 1 a 2%
4 de 2 a 4% 5 de 4 a 8% 6 de 8 a 16% 7 mais de 16%

9) Informe o percentual do orçamento de TI gasto com a alocação do pessoal da equipe de TI? (treinamentos, cursos, contratação ...)

0 até 0,25% 1 de 0,26 a 0,5% 2 de 0,5 a 1% 3 de 1 a 2%
4 de 2 a 4% 5 de 4 a 8% 6 de 8 a 16% 7 mais de 16%

10) Número de PCs

0 até 10 1 de 10 a 20 2 de 20 a 30 3 mais de 30

11) Número de Servidores

0 até 10 1 de 10 a 20 2 de 20 a 30 3 mais de 30

12) Número total de funcionários da empresa

0 até 10 1 de 10 a 20 2 de 20 a 30 3 mais de 30

13) Número de profissionais em TI

0 até 10 1 de 10 a 20 2 de 20 a 30 3 mais de 30

14) Perspectiva de contratação de pessoal de TI para o ano de 2010

0 até 10 1 de 10 a 20 2 de 20 a 30 3 mais de 30

15) Qual o banco de dados utilizado?

0 SQL/Server 1 Oracle 2 Access 3 PostgreSQL
4 Outros: (Favor,especificar)

16) Possui alguma metodologia de desenvolvimento?

0 Não 1 Sim: (Favor,especificar)

17) Com que frequência realiza manutenção em equipamento?

- 0 diariamente 1 semanalmente 2 a cada 15 dias 3 mensalmente
4 semestralmente 5 anualmente 6 Não realiza manutenção preventiva

18) Atualmente quantos clientes a empresa possui?

- 0 até 10 1 de 10 a 20 2 de 20 a 30 3 de 30 a 40
4 mais de 40

19) Informe qual o percentual do faturamento anual foi investindo em Inovação Tecnológica no ano de 2009

- 0 até 0,25% 1 de 0,26 a 0,5% 2 de 0,5 a 1% 3 de 1 a 2%
4 de 2 a 4% 5 de 4 a 8% 6 de 8 a 16% 7 mais de 16%

20) Dado que foram feitos investimentos na área de TI, a empresa apresentou um aumento no número de clientes?

- 0 Não 1 Sim -> Qual percentual?

21) Previsão de investimentos para o próximo ano:

- 0 Aumentar 1 Manter 2 Diminuir

22) Para sua empresa, inovações refletem em faturamento?

- 5 Concordo plenamente 4 Concordo 3 Neutro 2 Discordo
1 Discordo plenamente

23) Existem dificuldades para inovar?

- 0 Não 1 Sim -> Quais?

24) A empresa possui parcerias com outras empresas?

- 0 Não 1 Sim -> Quais?

25) Até que ponto a empresa concorda que tais fatores indicam sucesso na execução dos Projetos

25_A) Comprometimento do gerente com o projeto	Concordo Plenamente 5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>	Discordo Plenamente 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
25_B) Conhecimento do negócio do cliente	Concordo Plenamente 5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>	Discordo Plenamente 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
25_C) Relações entre grupos	Concordo Plenamente 5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>	Discordo Plenamente 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
25_D) Planejamento e Cronograma	Concordo Plenamente 5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>	Discordo Plenamente 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
25_E) Especificação e detalhamento do sistema	Concordo Plenamente 5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>	Discordo Plenamente 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
25_F) Estimativa do Orçamento	Concordo Plenamente 5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>	Discordo Plenamente 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>

Que outros fatores indicam sucesso para a empresa?

27) Em relação ao índice de sucesso dos projetos executados no setor, assinale a opção mais adequada:

- a) 100% dos projetos são executados com sucesso.
- b) Acima de 95% dos projetos são executados com sucesso.
- c) Acima de 90% dos projetos são executados com sucesso.
- d) Abaixo de 90% dos projetos são executados com sucesso.

28) Em relação ao alinhamento dos projetos executados no setor com os negócios da organização (ou com o planejamento estratégico), assinale a opção mais adequada:

- a) O alinhamento é de 100% há muito tempo (acima de 2 anos).
- b) O alinhamento é de 100% há pouco tempo (acima de 1 ano).
- c) O alinhamento é de 100% há muito pouco tempo (abaixo de 1 ano).
- d) Não existe alinhamento de 100%.

29) Até que ponto a empresa concorda que tais fatores dificultam o Gerenciamento de Projetos.

29_A) Falta de RH especializados	Concordo Plenamente	Discordo Plenamente
	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
29_B) Dimensionamento das equipes	Concordo Plenamente	Discordo Plenamente
	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
29_C) Prioridades na execução de tarefas	Concordo Plenamente	Discordo Plenamente
	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
29_D) Estimativa de Custo	Concordo Plenamente	Discordo Plenamente
	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
29_E) Falta de uma metodologia de desenvolvimento	Concordo Plenamente	Discordo Plenamente
	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
29_F) Terceirização	Concordo Plenamente	Discordo Plenamente
	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
29_G) Ferramentas de Gerenciamento de Projetos	Concordo Plenamente	Discordo Plenamente
	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>

Que outros fatores dificultam o Gerenciamento de Projetos para a empresa?

30) Em relação à aceitação do assunto “Gerenciamento de Projetos” por parte dos gerentes de projetos do setor, assinale a opção mais adequada:

- a) O assunto é bastante conhecido e aceito como uma boa prática de gerenciamento há, pelo menos, um ano. Os gerentes de projetos se sentem estimulados a utilizar esses conhecimentos.
- b) O assunto é razoavelmente conhecido e existe algum estímulo pela organização para o uso desses conhecimentos.
- c) O assunto é apenas conhecido. Não existe nenhum estímulo formal para o uso desses conhecimentos.
- d) Os gerentes desconhecem o assunto ou existe algum receio, por parte dos gerentes, quanto ao uso desses assuntos.

31) Em relação à conveniência do treinamento em gerenciamento de projetos estar alinhado com a cultura da empresa, com outras práticas gerenciais existentes na organização, com o tipo de empresa e com especificidades do setor, assinale a opção mais adequada:

- a) Existe uma forte preocupação neste sentido, que foi totalmente contemplada nos treinamentos oferecidos.
- b) Existe uma forte preocupação neste sentido, porém foi apenas parcialmente contemplada nos treinamentos oferecidos.

- c) Existe uma forte preocupação neste sentido, no entanto os treinamentos oferecidos não tiveram essa orientação.
- d) Desconhece-se a importância deste aspecto ou ainda não houve treinamento.

32) Em relação ao uso de metodologia de gerenciamento de projetos por pessoas envolvidas com projetos, no setor, assinale a opção mais adequada:

- a) Existe uma metodologia implantada, testada e em uso rotineiro por todos os principais envolvidos com projetos há, pelo menos, um ano.
- b) Existe uma metodologia implantada, testada e em uso rotineiro por um pequeno número de gerentes de projeto há, pelo menos, um ano.
- c) A metodologia foi implantada recentemente. Seu uso ainda é incipiente.
- d) Não existe metodologia implantada.