



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO
PARA PRIORIZAÇÃO DE ATIVIDADES NO CONTEXTO
DE GESTÃO DE MÚLTIPLOS PROJETOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO

POR

SHULAMIT LEDERMAN

Orientador: Caroline Maria de Miranda Mota

RECIFE, DEZEMBRO/2010

L473m Lederman, Shulamit

Modelo multicritério de apoio à decisão para priorização de atividades no contexto de gestão de múltiplos projetos / Shulamit Lederman. – Recife: O Autor, 2010.

vii, 81 f.; il., figs., tabs.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Curso de Engenharia de Produção, 2010.

Inclui Referências Bibliográficas e Apêndices.

1. Engenharia de Produção. 2. Gestão de Projetos. 3. Múltiplos Projetos. 4. Métodos Multicritério de Apoio à Decisão. 5. ELECTRE TRI-C. 6. Programação de Projetos com Recursos Restritos. I. Título.

UFPE

658.5

BCTG/2010-241

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento e a elaboração desta monografia têm, para mim, um significado muito especial, já que ela representa a consolidação de uma conquista pessoal ao mesmo tempo em que registra a conclusão de uma importante etapa da minha vida.

O alcance desse objetivo não seria, contudo, possível sem o apoio e o incentivo de pessoas muito especiais que, de uma maneira ou de outra, foram fundamentais durante todo o percurso da minha formação acadêmica.

Agradeço aos meus amados pais, Haia e Elinho, pela dedicação e incentivo, pela constante presença e por sempre acreditarem na minha capacidade, pelas alegrias e pelos imensuráveis ensinamentos da vida, sempre regados a muito amor. Agradeço também ao meu querido irmão, Jonathan, por todos os conselhos, carinho e a amizade fraterna e, por me mostrar que sonhos são possíveis de alcançar.

Agradeço, em particular, a Prof^a Caroline Miranda por me acompanhar e orientar durante todos esses anos da graduação e, por me proporcionar grandes ensinamentos, os quais foram e serão fundamentais para o meu crescimento individual e profissional.

Por fim, quero deixar os meus agradecimentos aos meus colegas de turma com quem compartilhei momentos alegres e difíceis, pela troca de amizade e aprendizagem recíproca, sem os quais essa jornada não teria sido tão prazerosa.

RESUMO

Este trabalho concentra-se na gestão de múltiplos projetos em vista de contribuir para a obtenção de sucesso dos projetos iniciados pela organização que enfrentam restrições de tempo e recursos. Para tal fim, objetiva-se desenvolver um modelo que seja capaz de oferecer suporte aos gestores no processo de priorização de atividades dentro do contexto de múltiplos projetos e cujo processo englobe múltiplos critérios. A priorização é realizada por meio da classificação das atividades em grupos de práticas gerenciais, a fim de garantir adequados enfoques, metodologias, processos e ferramentas de gestão, de acordo com as necessidades de cada atividade e projeto. O trabalho propõe um modelo multicritério de apoio à decisão para priorização de atividades no contexto de múltiplos projetos. É realizada uma aplicação numérica do modelo proposto com o método ELECTRE TRI-C para exemplificar a construção do modelo em um caso específico.

Palavras-chave: Gestão de Projetos, Múltiplos Projetos, Métodos Multicritério de Apoio à Decisão, ELECTRE TRI-C, Programação de Projetos com Recursos Restritos.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Justificativa.....	1
1.2	Objetivos.....	2
1.3	Metodologia.....	3
1.4	Organização do Trabalho.....	4
2.	BASE CONCEITUAL	5
2.1	Gerenciamento de Projetos	5
2.2	Métodos Multicritério de Apoio à Decisão	10
2.3	Problema Multicritério de Classificação	15
2.4	Família de Métodos ELECTRE.....	16
2.5	ELECTRE TRI	17
2.6	ELECTRE TRI-C	20
3.	REVISÃO DA LITERATURA	24
3.1	Revisão da Literatura sobre Utilização de Métodos Multicritério na Gestão de Projetos	24
3.2	Revisão da Literatura sobre Aplicações do ELECTRE TRI	29
3.3	Revisão da Literatura sobre a Gestão de Múltiplos Projetos e o Problema de Priorização de Atividades	33
3.3.1	O Problema de Programação de Projetos com Recursos Restritos.....	36
3.4	Considerações Finais sobre a Revisão da Literatura.....	37
4.	DESENVOLVIMENTO DO MODELO.....	39
4.1	Contextualização do Problema	39
4.2	O Modelo.....	40
5.	APLICAÇÃO NUMÉRICA	49
5.1	Construção do Modelo	49
5.2	Análise dos Resultados	63
6.	CONCLUSÕES	67
6.1	Limitações	68
6.2	Sugestões para Trabalhos Futuros	68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

APÊNDICE 1: ÍNDICES DE CONCORDÂNCIA PARCIAL $c_j(a,b)$	76
APÊNDICE 2: ÍNDICES DE CONCORDÂNCIA PARCIAL $c_j(b,a)$	78
APÊNDICE 3: ÍNDICES DE CREDIBILIDADE $\sigma(a,b)$ e $\sigma(b,a)$	80
APÊNDICE 4: FUNÇÃO SELEÇÃO $\rho(a,bh)$	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Seqüência típica de fases no ciclo de vida de um projeto.....	6
Figura 2.2 – Inter-relacionamento entre as fases do ciclo de vida de um projeto.....	7
Figura 2.3 - Problemática de classificação.....	16
Figura 2.4 - Definição das ações de fronteira.....	18
Figura 4.1 – Fluxograma do modelo proposto para priorização de atividades em ambiente de múltiplos projetos.....	41
Figura 5.1 – Classificação das atividades segundo a regra decrescente do ELECTRE TRI-C.....	60
Figura 5.2 – Classificação das atividades segundo a regra ascendente do ELECTRE TRI-C.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Versões dos Métodos da Família ELECTRE.....	16
Tabela 4.1 – Matriz de avaliação das alternativas em função dos critérios.....	46
Tabela 5.1 - Descrição dos projetos de TI.....	50
Tabela 5.2 – Levantamento das informações sobre os projetos durante a fase de identificação do cenário.....	51
Tabela 5.3 – Pesos atribuídos pelo Decisor D aos projetos: Importância relativa entre os projetos.....	52
Tabela 5.4 – Níveis de preferência associados ao critério mobilização de recursos humanos.....	54
Tabela 5.5 – Níveis de preferência associados ao critério Mobilização de tecnologia.....	55
Tabela 5.6 – Níveis de preferência associados ao critério Risco.....	55
Tabela 5.7 – Informação inter-critério: Pesos.....	56
Tabela 5.8 - Levantamento das atividades dos projetos P1, P2 e P3 a serem executadas no mês A.....	57
Tabela 5.9 – Alternativas potenciais do processo decisório de priorização de projetos e atividades.....	58
Tabela 5.10 – Conversão dos critérios qualitativos da escala verbal para a escala numérica.....	58
Tabela 5.11 - Matriz de avaliação das alternativas versus critérios.....	59
Tabela 5.12 – Valores normalizados referentes ao critério folga.....	59
Tabela 5.13 – Parâmetros conferidos aos critérios.....	60
Tabela 5.14 – Ações de referência central.....	60
Tabela 5.15 – Classificação das atividades em práticas de gestão.....	63
Tabela 5.16 – Variação da classificação das atividades em função do incremento de 12% em cada um dos critérios avaliados.....	64
Tabela 5.17 – Classificação das atividades em função da variação do nível de corte.....	65

1. INTRODUÇÃO

Será aqui definida a relevância do trabalho, a motivação para sua execução, seu objetivo geral e objetivos específicos e a metodologia utilizada para atingir os fins aos quais se propõe. Por fim, cada um dos capítulos será apresentado e descrito.

1.1 Justificativa

A gestão de projetos é um tema que tem sido bastante difundido nos últimos tempos devido à busca por elementos competitivos em um mercado altamente exigente. Antes voltada para a otimização de operações e de áreas funcionais, a gestão de projetos tem se focado cada vez mais na busca do alcance dos objetivos estratégicos da empresa. A pressão do mercado e a necessidade de elementos que agreguem maior valor aos seus produtos e serviços, criaram um novo ambiente organizacional caracterizado pelo convívio simultâneo de múltiplos projetos. Os diferentes projetos iniciados pela organização apresentam objetivos específicos e muitas vezes divergentes. Ao mesmo tempo, são compostos por atividades inter-relacionadas e cada vez mais complexas.

É comum que as organizações imersas nesse ambiente dinâmico indisponham de recursos suficientes e adequados para suprir a necessidade simultânea de todos os projetos que compõem sua cesta. Desse modo, surge uma disputa entre os projetos para arrematar os recursos necessários e dar prosseguimento a sua programação de atividades. Os confrontos constantes além de desgastarem o ambiente organizacional, acarretam em programações ineficientes e que podem prejudicar o valor da cesta de projetos como um todo.

A falta de equilíbrio entre a disponibilidade de recursos e as necessidades individuais das atividades inter-relacionadas cria a urgência de priorização entre os projetos e atividades. O processo de priorização consiste em decisões complexas e conflituosas e deve ser estabelecido segundo critérios e metodologias sistemáticas e consistentes. A programação das atividades deve satisfazer diversos interesses e, portanto, está baseada em múltiplos objetivos. Ao mesmo tempo, a programação de projetos envolve ações rotineiras sujeitas a mudanças e, conseqüente, ao replanejamento. Portanto, são decisões de médio e curto prazo, sujeitas a restrições de orçamento, cronograma, recursos humanos, tecnologia, equipamentos e demais fatores internos ou externos à organização.

A priorização das atividades deve alinhar o processo de programação do projeto à estratégia de negócio à longo prazo, a fim de executar no plano operacional atividades que

encaminhem a empresa ao alcance dos seus objetivos. Desse modo, a priorização é fundamental na identificação de atividades que necessitam de maior atenção do gerente, uma vez que não é possível conferir o mesmo volume de esforços para todas as atividades. Ou seja, diferentes formas de gestão devem ser aplicadas para cada grupo de atividades. Gestores freqüentemente realizam tal priorização entre projetos e atividades, porém são decisões empíricas e embasadas em experiências prévias. Nesse contexto, é importante a análise do problema de decisão e a utilização de adequados métodos gerenciais que potencializem o conhecimento do gestor (MOTA *et al.*, 2009).

Contudo, as organizações que operam com múltiplos projetos não utilizam metodologias sistemáticas e consistentes para realizar a priorização das atividades. Elas estabelecem regras pouco claras que variam de acordo com a urgência do projeto. Os recursos, então, são alocados e realocados entre os projetos e suas atividades sem haver regras formais de priorização. Ao mesmo tempo, os poucos estudos que se dedicam a esse tema levam em consideração critérios únicos de priorização, que não representam a real necessidade dos projetos. Em suma, há uma carência de metodologias capazes de apoiar o gestor na priorização eficiente das atividades elencadas pelos múltiplos projetos.

Desse modo, destaca-se a importância desse trabalho que consistirá no desenvolvimento de um modelo multicritério de apoio à decisão para priorização de atividades no contexto de múltiplos projetos por meio da categorização das mesmas em diferentes grupos de práticas gerenciais, baseado na importância relativa entre os projetos e entre os critérios considerados relevantes para o processo.

1.2 Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho consiste em desenvolver um modelo multicritério de apoio à decisão para priorização de atividades no contexto de múltiplos projetos por meio da sua classificação em grupos de práticas gerenciais.

1.1.2. Objetivos Específicos

Para o alcance do objetivo geral, o trabalho apresenta os seguintes objetivos específicos:

- Contextualizar o problema tratado por meio da apresentação de uma base conceitual e de uma revisão bibliográfica sobre os temas Gerenciamento de Projetos, Métodos Multicritério de Apoio à Decisão, Métodos ELECTRE TRI e ELECTRE TRI-C e Gestão de Múltiplos Projetos;
- Realizar uma aplicação numérica para verificar a construção de um problema de decisão de acordo com o modelo proposto;
- Analisar o resultado da aplicação e a eficácia do modelo.

1.3 Metodologia

Serão utilizados dois métodos de pesquisa para a condução do trabalho: o método teórico/ conceitual e a modelagem. A pesquisa teórica/ conceitual consistirá em uma revisão bibliográfica e em uma modelagem conceitual. A revisão bibliográfica será realizada por meio da documentação indireta, em que livros, periódicos e artigos de congressos serão consultados. Tal instrumento de pesquisa será utilizado dada a impossibilidade em realizar um levantamento direto de dados no local onde os fenômenos ocorrem.

Essa primeira etapa terá caráter qualitativo e exploratório, pois visa contextualizar o problema da pesquisa e gerar uma base conceitual para a concretização do trabalho. Primeiramente, a pesquisa bibliográfica objetivará uma abrangência do tema a ser pesquisado, caracterizando uma varredura horizontal da literatura disponível. Após familiarização do tema, será realizada uma varredura vertical que buscará responder questões quanto às principais práticas do gerenciamento de múltiplos projetos, dificuldades encontradas no gerenciamento de múltiplos projetos, os fatores de sucesso em projetos, as metodologias utilizadas na gestão de múltiplos projetos, os critérios utilizados no julgamento dos projetos a serem executados e as limitações das ferramentas e metodologias utilizadas. Além do conhecimento em gestão de projetos, será realizada uma varredura sobre os principais conceitos envolvidos na decisão multicritério, os métodos multicritério de decisão e a aplicação dos métodos multicritério no gerenciamento de projetos. Em específico, serão pesquisados os métodos ELECTRE TRI e ELECTER TRI-C.

Em seguida, baseada na contextualização do problema obtida por meio da revisão bibliográfica, a etapa de modelagem buscará a construção de um modelo estruturado para priorização de atividades no contexto de gestão de múltiplos projetos.

O modelo conceitual será então utilizado para a aplicação do método de modelagem, em que um modelo de priorização por meio da problemática de classificação será construído

para um problema específico de decisão. Tal metodologia será baseada no processo de análise quantitativa visto que deseja traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Quanto ao objetivo, a pesquisa se caracterizará como descritiva, dado que busca descrever e relacionar as variáveis do problema. Desse modo, a pesquisa quanto à finalidade é caracterizada como aplicada, uma vez que apresenta aplicação prática prevista.

1.4 Organização do Trabalho

A estrutura do presente trabalho de conclusão de curso é composta por seis capítulos descritos a seguir.

O capítulo 1 descreve a relevância o trabalho, a motivação para sua execução, seu objetivo geral e objetivos específicos, e a metodologia utilizada para atingir os fins aos quais se propõe.

O capítulo 2 apresenta a base conceitual necessária para compreender os conceitos e temas tratados nesse texto. A fundamentação teórica aborda os conceitos sobre gerenciamento de projetos e métodos multicritério de apoio à decisão, com ênfase nos métodos ELECTRE TRI e ELECTRE TRI-C.

O capítulo 3 expõe uma revisão da literatura sobre os temas tratados acima com o objetivo de investigar o seu estado da arte. Nesse capítulo serão abordados os principais autores e trabalhos, suas contribuições e principais problemáticas quanto à aplicação dos métodos multicritério de apoio à decisão na gestão de projeto, quanto ao gerenciamento de múltiplos projetos e quanto às aplicações do ELECTRE TRI.

O capítulo 4 apresenta o desenvolvimento do modelo multicritério de apoio à decisão proposto para a priorização de atividades no contexto de múltiplos projetos e que tem por objetivo auxiliar o gestor de múltiplos projetos na categorização das atividades em práticas gerenciais.

O capítulo 5 expõe uma aplicação numérica do modelo apresentado no capítulo anterior para exemplificação da metodologia proposta.

O capítulo 6 traz as conclusões do trabalho, apresenta suas limitações, analisa os resultados e expõe recomendações para trabalhos futuro.

2. BASE CONCEITUAL

Serão aqui apresentados os principais conceitos e definições fundamentais para a ampla compreensão do texto. Primeiramente serão expostas as definições básicas sobre projetos e gerenciamento de projetos, seus fatores de sucesso e fracasso, bem como os critérios utilizados para tal análise. Em seguida, uma familiarização dos métodos multicritério de apoio à decisão e a exposição dos principais elementos constituintes do processo decisório. O problema multicritério de classificação e a família de métodos ELECTRE serão apresentados e, por fim, explicados os métodos ELECTRE TRI e ELECTRE TRI-C.

2.1 Gerenciamento de Projetos

A prática de gerenciamento de projetos existe a milhares de anos, como se comprova pela construção das Grandes Pirâmides, dos canais, catedrais, pontes e outros projetos de infra-estrutura executados na Antiguidade. Foi nos últimos 50 anos, porém, que a disciplina adquiriu conteúdo formal e vem evoluindo até os dias atuais (CLELAND & IRELAND, 2007). Juntamente com essa evolução, a definição de projeto mudou ao longo dos anos e, hoje, ainda é tema de longos e conflituosos debates. Para o PMI (2004) “projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo”. Kerzner (2002), por sua vez, define projeto como um “empreendimento com objetivo identificável, que consome recursos e opera sob pressões de prazo, custos e qualidade”. Turner (2006) afirma que projeto é uma organização temporária que consome recursos humanos, materiais e financeiros para realizar trabalho e prover mudanças positivas. Os projetos produzem uma saída ou entrega, uma instalação ou ativo, e seus resultados podem ser tangíveis, intangíveis ou até mesmo abstratos. Ainda segundo o autor, projetos são únicos, suas atividades são não-rotineiras, sua existência é transiente e seu conceito envolve incerteza.

Em suma, projetos apresentam as seguintes características:

- São temporários por possuírem duração finita;
- Suas entregas são únicas;
- As atividades são não-rotineiras;
- A elaboração é progressiva por se desenvolver em etapas e continuar por incrementos;
- Envolvem incerteza e complexidade;
- Envolvem competências e recursos multidisciplinares;

- Possuem objetivo claro e definido;
- Consomem recursos;
- Operam sob restrições de tempo, custos, qualidade e recursos.

De acordo com o exposto, os projetos se diferenciam do trabalho operacional, cujas atividades são contínuas e repetitivas. Para auxiliar os gestores no cumprimento das metas estabelecidas e na aplicação de técnicas adequadas de gerenciamento e controle, os projetos podem ser subdivididos em fases de desenvolvimento. A seqüência de fases em conjunto forma o ciclo de vida do projeto que determina o seu início e o término. A transição para cada uma das fases é determinada por transferências técnicas ou entregas, que devem ser revisadas para garantir que a fase anterior tenha sido concluída com êxito. A figura 2.1 expõe a seqüência típica de fases do ciclo de vida de um projeto com as respectivas entradas e saídas de cada etapa (VARGAS, 2002; PMI, 2004).

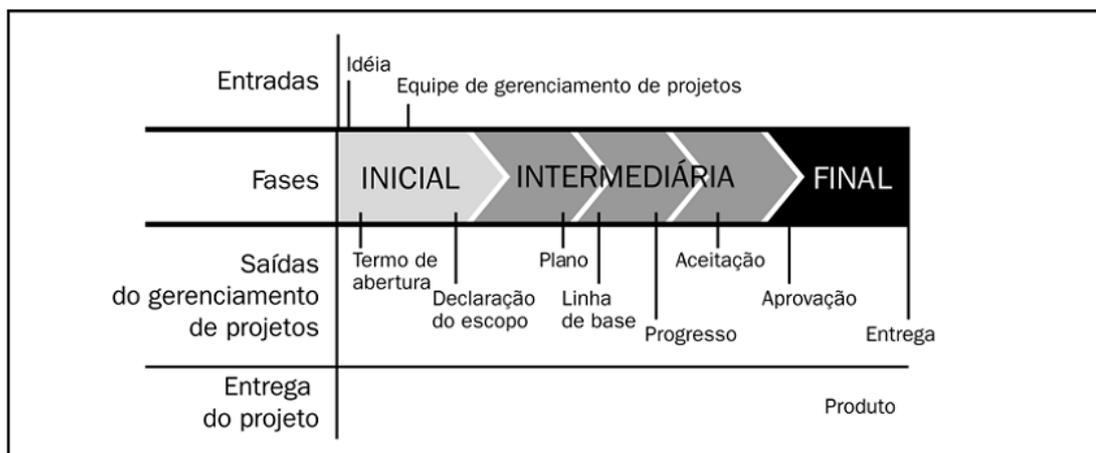


Figura 2.1 - Seqüência típica de fases no ciclo de vida de um projeto

Fonte: PMI (2004)

Segundo Vargas (2002) cada organização escolhe as fases do ciclo de vida dos projetos que inicia, além de dependerem do tipo de projeto que será executado. Algumas adotam sempre o mesmo ciclo, já outras deixam a cargo da equipe de gerenciamento a escolha. O ciclo de vida do projeto pode ser subdividido nas seguintes fases: iniciação, planejamento, execução, controle e finalização. A fase de iniciação é caracterizada pela identificação de uma necessidade e a sua transformação em um problema estruturado. A missão e o objetivo do projeto devem ser definidos nessa fase. A fase de planejamento consiste no detalhamento do projeto e na elaboração dos planos auxiliares de comunicação, qualidade, riscos, suprimentos e recursos humanos. A fase de execução é responsável pela materialização de tudo aquilo que foi planejado. Já a fase de controle, que ocorre

paralelamente às de planejamento e execução, objetiva acompanhar os procedimentos realizados pelo projeto, indicando ações preventivas e corretivas quando necessário. Nessa fase compara-se o que de fato está sendo realizado com aquilo que foi previsto no planejamento. Por último, a fase de finalização consiste na avaliação por auditorias interna e externa do que foi executado durante projeto. Na finalização, os erros e acertos são analisados como forma de aprendizado para projetos futuros. Cada uma das fases do ciclo de vida do projeto é interdependente e pode ocorrer seqüencialmente ou simultaneamente, sobrepondo-se umas as outras. A figura 2.2 demonstra o inter-relacionamento das fases do ciclo de vida do projeto.

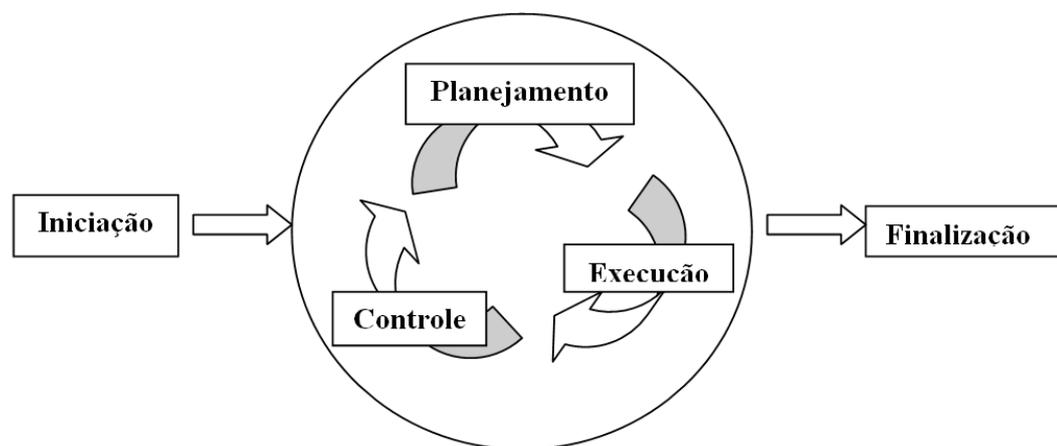


Figura 2.2 – Inter-relacionamento entre as fases do ciclo de vida de um projeto

Fonte: Adaptado de Vargas (2002)

A maioria dos projetos tende a compartilhar fatores comuns relativos ao ciclo de vida. Dentre eles, pode-se dizer que no início do ciclo o potencial de adicionar valor ao projeto é bastante alto e decai até o seu término. O mesmo ocorre com a capacidade de adequação do projeto, que se torna mais difícil com o passar do tempo. Os custos de mudanças e correções, por sua vez, percorrem caminho inverso, sendo crescentes ao longo da vida do projeto. Os níveis de consumo de recursos são baixos no início, atingem o valor máximo durante as fases intermediárias e caem rapidamente conforme o projeto é finalizado. Com relação à velocidade de desenvolvimento, o início e o fim são lentos e os níveis intermediários apresentam um progresso acelerado. Por fim, a incerteza do risco diminui à medida que o projeto ganha forma, porém aumenta-se a quantidade arriscada ao se chegar à fase avançada de execução (VARGAS, 2002; PMI, 2004).

Os projetos são utilizados pelas organizações como um meio de atingir o plano estratégico. Uma demanda de mercado, uma necessidade organizacional, uma solicitação de

um cliente, um avanço tecnológico ou um requisito legal são exemplos de fatores que motivam a execução de um projeto. Os projetos atingem todos os níveis da organização e suas características, como tempo, recursos envolvidos e agentes externos, possuem grande variação de acordo com a magnitude e objetivos do mesmo. Eles são, portanto, complexos o suficiente para necessitar de uma capacidade de coordenação específica (PMI, 2004).

O gerenciamento de projetos surgiu para suprir tal necessidade de coordenação e pode ser definido como o conjunto de ferramentas gerenciais que permite que a empresa desenvolva habilidades, incluindo conhecimento e capacidades individuais, destinadas ao controle de eventos não repetitivos, únicos e complexos, dentro de um cenário de tempo, custo e qualidade predeterminado (VARGAS, 2002). Kerzner (2000) afirma que a gestão de projetos consiste no planejamento, programação e controle de uma série de tarefas integradas cujos objetivos devem ser alcançados com sucesso e de acordo com os interesses dos *stakeholders*. Para o PMI (2004), “o gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramenta e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos”.

O gerenciamento de projetos é realizado através da aplicação e da integração dos processos de iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento, apresentados acima. Segundo Valeriano (2005) todos os esforços devem estar integrados e voltados para o plano estratégico da organização. A gestão de projetos, segundo Vargas (2002), deve ser implementada em qualquer situação onde exista um empreendimento que foge ao que é fixo e rotineiro na empresa. A chave do sucesso da gestão está em identificar e diferenciar o projeto das demais atividades desenvolvidas na organização. O autor afirma que a principal vantagem do gerenciamento de projetos é que ele pode ser aplicado em empreendimentos de qualquer complexidade, orçamento e tamanho, em qualquer linha de negócios. Além disso, ele evita surpresas durante a execução do trabalho, gera diferenciais competitivos, antecipa oportunidades e ameaças, adapta os trabalhos ao mercado consumidor e ao cliente, agiliza decisões, otimiza a alocação de recursos, documenta e facilita as estimativas para futuros projetos.

O PMI (2004) agrupa os processos de acordo com suas características comuns nas seguintes áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos: gerenciamento da integração, gerenciamento do escopo, gerenciamento do tempo, gerenciamento do custo, gerenciamento da qualidade, gerenciamento de recursos humanos, gerenciamento das comunicações, gerenciamento dos riscos, e gerenciamento de aquisições.

É importante determinar se os esforços aplicados no gerenciamento de projetos são eficazes, ou seja, se o projeto obteve sucesso ou fracasso. Porém, essa definição é complexa e muitas vezes subjetiva e, hoje, é tema de muitos estudos. Segundo Kerzner (2000) o sucesso do projeto era antes mensurado apenas em termos técnicos. Atualmente, segundo o autor, deve haver aceitação por parte do cliente. Além disso, o sucesso é relativo ao tipo de projeto executado e varia para cada organização. Os fatores críticos de sucesso, segundo Kerzner, medem o resultado final e geralmente são vistos pela ótica do cliente, eles incluem: adesão ao cronograma, adesão ao orçamento, adesão à qualidade, adesão ao processo de controle de mudanças e adesão ao contrato. Existem também os indicadores de performance, que medem a qualidade do processo utilizado para alcançar os resultados finais. Esses indicadores são internos à organização e incluem: utilização da metodologia de gerenciamento de projetos, estabelecimento de controle de processo, utilização de métricas provisórias, qualidade dos recursos utilizados versus planejados e envolvimento do cliente.

Segundo Cleland & Ireland (2007), o sucesso ou fracasso é determinado pelas medidas aplicadas para se avaliar o projeto durante seu ciclo de vida e, portanto, é fundamental o desenvolvimento de padrões de desempenho no projeto. Prever e determinar as ações que contribuem para o sucesso ou fracasso evitam os resultados adversos e geram lições futuras. O autor ressalta que o sucesso ou fracasso podem ser percebidos de maneira diferente pelos diversos interessados no projeto e podem variar de acordo com a fase do ciclo de vida. Entre os fatores de sucesso levantados pelo autor estão: satisfação do cliente em relação ao alcance da missão, objetivos e metas estabelecidas; pacotes de trabalho concluídos dentro do prazo e orçamento; satisfação dos *stakeholders* em relação à maneira como o projeto foi administrado e aos resultados obtidos; obtenção de lucro; eficiência do trabalho de equipe; geração de melhorias ou oportunidades de negócios para o cliente.

Para Vargas (2002) “um projeto bem sucedido é aquele que é realizado conforme o planejado”. Para se chegar ao sucesso do projeto é importante, entre outros fatores, selecionar corretamente os membros-chave do time do projeto; desenvolver estimativas de custos, prazos e qualidade realistas; desenvolver alternativas de *backup* em antecedência aos problemas; dar prioridade ao atendimento da missão ou meta do projeto; manter modificações sobre controle; e coordenar e manter uma relação de respeito e cordialidade com o cliente, os fornecedores e outros envolvidos.

2.2 Métodos Multicritério de Apoio à Decisão

O problema de decisão multicritério consiste na situação em que há ao menos duas alternativas de ação para se escolher e esta escolha envolve múltiplos objetivos. Tais objetivos, muitas vezes conflitantes entre si, estão relacionados à consequência da escolha da alternativa. Aos objetivos, estão associados critérios (ou atributos) que permitem a avaliação de cada alternativa (ALMEIDA, 2010). Esse tipo de problema de decisão está presente na realidade particular e organizacional. Segundo Brans & Mareschal (1986), a maior parte das organizações, sejam elas financeiras, industriais ou políticas, lida com problemas de decisão multicritério. Decisões simples, inclusive, são tomadas com base em mais de um critério e, a depender das características do decisor, os pesos de tais critérios podem variar.

Portanto, o problema de decisão multicritério monta um cenário complexo e difícil de ser resolvido tanto matematicamente, como financeiramente. Usualmente não há uma solução ótima, pois cada alternativa apresenta uma melhor solução em cada um dos critérios adotados. Para driblar a complexidade dos problemas devida à multiplicidade de fatores, ao conflito e à incerteza, a análise multicritério envolve um conjunto de métodos, técnicas e modelos para auxiliar ou apoiar pessoas e organizações a tomarem decisões (BRANS & MARESCHAL, 1986).

De acordo com Vincke (1992), o Apoio à Decisão Multicritério, ou Análise Multicritério, vem se expandindo consideravelmente nas últimas décadas. Tal fenômeno pode ser avaliado pelo número de publicações e pesquisas que têm se desenvolvido em tal campo e justificado por sua ampla aplicabilidade nas mais diversas áreas. Contudo, até a primeira metade do século XX utilizava-se a esperança matemática baseada em condições aleatórias para a tomada de decisão, porém percebeu-se que o risco associado a tal procedimento era inaceitável. Foi então, com o fim da Segunda Guerra Mundial, que surgiu a Pesquisa Operacional, cujo objetivo é encontrar a solução ótima de um problema. Os métodos da Pesquisa Operacional são até hoje aplicados na otimização de uma única função objetivo, o que gera uma decisão baseada em apenas uma função avaliadora. A realidade, por sua vez, expõe problemas com uma diversidade de alternativas e, portanto, surge na década de 70 os Métodos de Apoio à Decisão Multicritério. Essa nova ciência tem como intuito auxiliar o decisor a racionalizar soluções que levam em consideração os múltiplos objetivos envolvidos no problema (GOMES *et al.*, 2004).

Os Métodos de Apoio à Decisão são utilizados, muitas vezes, na construção de modelos que buscam representar e estudar, de forma simplificada, os problemas de decisão. Eles pressupõem a necessidade de se estabelecer os objetivos que o decisor pretende alcançar, buscando o estabelecimento da sua estrutura de preferências relacionada às conseqüências das alternativas avaliadas (ALMEIDA, 2010). Tais métodos agregam ao caráter científico subjetividade, incorporando, inclusive, características não quantificáveis. Tal subjetividade visa à fidelidade dos fatores que cercam o tomador de decisão no momento da escolha e, não conferem, por sua vez, uma solução. Tais métodos apenas auxiliam o processo decisório e trazem a vantagem de proporcionar a tomada de decisão em grupo, utilizando diversos pontos de vista (GOMES *et al.*, 2004).

Segundo Roy (1985) *apud* Vincke (1992), os métodos multicritério podem ser classificados em três famílias:

- Abordagem do critério único de síntese: Originária da Escola Americana, consiste na agregação de diferentes pontos de vista em uma única função de síntese que deve ser, em seguida, otimizada. Devem ser analisadas as condições de agregação e a construção do modelo;
- Abordagem de sobreclassificação: Originária da Escola Francesa, refere-se, primeiramente, à construção de uma relação de sobreclassificação que representa a estrutura de preferências estabelecidas pelo decisor. Em seguida, explora-se a relação de sobreclassificação de modo a apoiar o decisor na resolução do problema;
- Abordagem do julgamento iterativo local: Propõe métodos que alternam etapas de cálculo e de diálogo. Consiste em estruturas de programação linear multiobjetivo;

Os Métodos Multicritérios podem, também, ser divididos em função do conjunto de alternativas em: ramo contínuo (Programação Multiobjetivo/ Otimização Vetorial), e ramo discreto (Decisão Multicritério Discreta). O primeiro ramo trata de problemas que incorporam alternativas com um número infinito de valores. E o segundo, incorpora um conjunto de alternativas finitas (GOMES *et al.*, 2004).

Para que os métodos de apoio à decisão multicritério sejam aplicados de uma forma eficiente, é preciso, primeiramente, identificar as variáveis e parâmetros que envolvem cada situação problemática. O tipo de problema, a dimensão da matriz de decisão, o tipo de escala utilizada para medir as alternativas e os pesos, o caráter compensatório ou não e a escola teórica dos métodos, são algumas das definições que influenciam na escolha do método e do enfoque utilizado.

1. Atores do Processo de Decisão

Segundo Almeida (2010), os dois principais personagens do processo de tomada de decisão são o decisor e o analista. O decisor é o responsável pela tomada de decisão, podendo envolver apenas um indivíduo ou um grupo de tomadores de decisão. O analista, por sua vez, tem o papel de esclarecer o processo de avaliação, fornecendo o suporte metodológico. As funções desempenhadas pelo decisor e analista, segundo Gomes *et al.* (2004), são complementares, porém a responsabilidade de cada decisão é cabida ao decisor.

2. Conjunto de Alternativas (Ações)

Uma alternativa pode ser definida como uma possibilidade de escolha do agente decisor, tal ação pode vir a se tornar a solução do problema. As alternativas podem ser finitas e infinitas, assim como se presume que as mesmas sejam diferentes, exaustivas e excludentes (GOMES *et al.*, 2004).

Para definir o conjunto de ações é preciso primeiramente listar os possíveis candidatos quando os mesmos são finitos e, em seguida, detalhar as propriedades que caracterizam cada elemento. De acordo com a complexidade dos problemas, certos conjuntos de alternativas não podem ser definidos a priori, mas apenas elaborados progressivamente de acordo com o curso do processo de decisão (VINCKE, 1992).

3. Critérios (Atributos)

São os eixos de avaliação adotados pelos decisores para eleger algumas das alternativas do conjunto de escolha. A partir dos critérios é possível realizar comparação entre as alternativas e para tanto, eles devem ser estabelecidos com base na modelagem das conseqüências (GOMES *et al.*, 2004). Segundo Almeida (2010), os critérios devem ser exaustivos, ou seja, representar todos os aspectos do problema sem haver redundâncias.

4. Escalas

As escalas são utilizadas como forma de representação dos acontecimentos e fenômenos, apresentando as propriedades de exaustividade e exclusividade. Segundo Souza (2002), as escalas podem ser classificadas como a seguir:

- Escala Nominal: É baseada no agrupamento e classificação de elementos para a formação de conjuntos distintos de acordo com um ou mais atributos. Esta escala é a adequada para registros qualitativos e para seleções mutuamente excludentes.
- Escala Ordinal: Permite a representação dos valores de uma variável em termos de situação relativa entre os demais valores. Fornece, portanto, uma noção de ordenação. Essa escala é usada para ordenar de forma sequencial objetos similares, sem realizar diferenciação entre fatores.
- Escala Intervalar: Além das ordenações das categorias de uma característica, pode-se dizer quanto valem exatamente as diferenças entre essas categorias. O zero na escala intervalar não existe naturalmente e, portanto, não se pode definir quanto uma categoria vale mais do que a outra. Tal escala reflete a graduação em que uma alternativa supera a outra.
- Escala de Razão: É a escala mais completa, uma vez que permite uma quantificação a partir do ponto zero, que é fixo e absoluto. Ela permite todas as operações aritméticas e cada unidade de medida é definida em termos da diferença entre o ponto zero.

5. Pesos ou Constantes de Escala

Para distinguir entre peso e constante de escala, é importante esclarecer dois conceitos: métodos compensatórios e métodos não-compensatórios. No primeiro, é realizada a compensação de um pior desempenho da alternativa em um determinado critério, por um melhor desempenho em outro critério, portanto pode-se dizer que há um *trade-off* entre os critérios. No segundo caso, a preferência em relação a duas alternativas depende apenas dos subconjuntos que favorecem as mesmas, e não das diferenças de preferências entre os vários níveis em cada critério. Desse modo, para os modelos compensatórios são utilizados constantes de escala, que representam taxas marginais de substituição, podendo fornecer ações não-balanceadas. Nos métodos não-compensatórios utilizam-se pesos que representam a medida de importância relativa de uma alternativa nos diferentes critérios, fornecendo uma ação mais balanceada e com melhor desempenho médio (ALMEIDA, 2010).

6. Relações de Preferência

A característica de racionalidade do decisor permite que o mesmo seja capaz de tomar decisões baseadas em padrões de preferência, uma vez que sejam estabelecidos objetivos

consistentes e coerentes. De acordo com Vincke (1992), ao comparar duas alternativas, o decisor utiliza os seguintes conceitos definidos pelo sistema básico de preferências:

- Preferência Estrita (P): quando existem razões claras e definidas que justifiquem a preferência de uma alternativa em relação à outra, sendo essa relação assimétrica e irreflexiva
- Preferência Fraca (Q): Quando há razões claras e definidas que invalidam a preferência estrita em favor de uma das duas alternativas, porém são insuficientes para deduzir uma indiferença. Tal relação é assimétrica e irreflexiva.
- Indiferença (I): quando existem razões claras e objetivas que justifiquem indiferença do decisor perante duas alternativas, ou seja, equivalência. Essa relação é simétrica e reflexiva.
- Incomparabilidade (J): quando há ausência de razões claras e objetivas para justificar a preferência estrita, preferência fraca ou indiferença. A relação de incomparabilidade é simétrica e irreflexiva.

As relações descritas acima são utilizadas para definir os conceitos de dominância e sobreclassificação utilizados em diferentes modelos. A dominância ocorre quando em pelo menos um dos critérios a alternativa a domina a b , e nos demais ela se mostra pelo menos tão boa quanto. Não há, portanto, uma divisão entre as relações de preferência fraca, estrita e de indiferença. A sobreclassificação aparece como uma possível generalização do conceito de dominância, fazendo distinção entre essas relações de preferência, inclusive a de incomparabilidade. A dominância é, portanto, uma relação transitiva, ao contrário da sobreclassificação (VINCKE, 1992).

7. Problemáticas de Referência

Segundo Roy (1996), para um conjunto potencial de ações o analista deve conceber em que termos o problema será proposto. Desse modo, os seguintes tipos de problemáticas podem ser identificadas na tomada de decisão:

- Problemática tipo α ($P\alpha$) - Escolha: tem como objetivo decidir pela escolha de um subconjunto do espaço de ações. O procedimento, então, pode ser caracterizado pela seleção da(s) “melhor(es)” alternativa(s) e consiste na comparação dos elementos de A a cada uma das alternativas.
- Problemática tipo β ($P\beta$) - Classificação: tem como objetivo esclarecer a decisão via uma triagem resultante da alocação de cada ação a uma categoria ou classe. As categorias são previamente definidas.

- Problemática tipo γ ($P\gamma$) - Ordenação: auxilia a decisão por meio do reagrupamento das alternativas, ou parte delas, em classe de equivalência. As classes são ordenadas de modo completo ou parcial, a depender das preferências.
- Problemática tipo δ ($P\delta$) - Descrição: tem como objetivo esclarecer a decisão por uma descrição das alternativas e suas conseqüências.

Tais problemáticas podem se apresentar de forma individual ou mista, não sendo independentes umas das outras (ROY, 1996).

2.3 Problema Multicritério de Classificação

A maioria dos problemas de decisão pode ser representando por um modelo que englobe diferentes pontos de vista, formalizado através de uma função critério. Dado um conjunto de alternativas avaliadas de acordo com os critérios, o decisor formula seu problema de diferentes formas: escolha, classificação, ordenação e descrição. De acordo com cada tipo de problemática, as alternativas podem ser julgadas de modo relativo ou absoluto (MOUSSEAU & SLOWINSKI, 1998).

Nas problemáticas de escolha (seleção de um subgrupo de melhores alternativas) e classificação (definição de uma ordem preferencial) as alternativas são comparadas umas com as outras utilizando expressões de comparação como “melhor” ou “pior”. Na problemática de classificação cada alternativa é considerada independentemente das demais, de acordo com seu valor absoluto e em comparação a normas ou referências. Desse modo, a problemática de classificação consiste na atribuição de cada alternativa de A para uma das categorias pré-definidas, como ilustrado na figura 2.3. A atribuição de uma alternativa a para a categoria apropriada deve contar com o valor intrínseco de a , e não na comparação de a com outras alternativas de A . Os resultados de cada atribuição são expressos utilizando as notações como: atribuir, não atribuir; adequado, não-adequado; semelhante, não-semelhante (MOUSSEAU & SLOWINSKI, 1998; MOUSSEAU *et al.*, 2000).

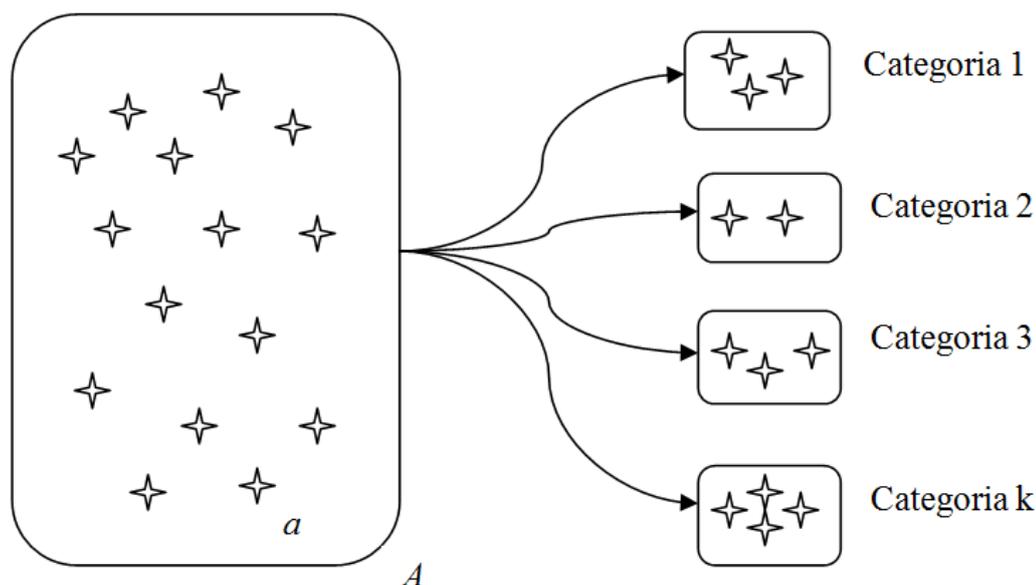


Figura 2.3 - Problemática de classificação

Fonte: Adaptado de Mousseau e Slowinski (1998)

De acordo com Almeida-Dias *et al.* (2010), para os problemas de classificação são consideradas as seguintes hipóteses:

- O conjunto de categorias para as quais as ações devem ser atribuídas é completamente ordenado (da melhor para a pior, desde a mais alta prioridade para a menor prioridade, desde a mais arriscada para a menos arriscada);
- Cada categoria é definida a priori;
- Cada categoria é definida por uma ação de referência (No caso do ELECTRE-TRI, são consideradas duas ações de referência para cada categoria, um limiar superior e um inferior).

2.4 Família de Métodos ELECTRE

A família de métodos ELECTRE (*Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*) pertence à tipologia de métodos de sobreclassificação. Tais métodos são baseados na comparação de pares de alternativas, na qual a relação de sobreclassificação é utilizada. Os métodos de sobreclassificação apresentam uma avaliação não compensatória, conferindo resultados mais balanceados. Além disso, assumem a possibilidade de incomparabilidade e sua relação não admite transitividade. Portanto, a avaliação inter-critério pode ser representada por pesos que assumem grau de importância entre critérios (ALMEIDA, 2010)

Os métodos ELECTRE pertencem à Escola Francesa de Apoio Multicritério à Decisão. Desde o surgimento do primeiro elemento desta família, o ELECTRE I em 1968, várias versões de métodos foram publicadas, como exposto na tabela 2.1 (GOMES, 2004).

Tabela 2.1 - Versões dos Métodos da Família ELECTRE

Fonte: Adaptado de Gomes (2004)

Versão	Autor	Ano	Tipo de Problema	Tipo de Critério	Utiliza Pesos
I	Roy	1968	Seleção	Verdadeiro	Sim
II	Roy e Bertier	1973	Ordenação	Verdadeiro	Sim
III	Roy	1978	Ordenação	Pseudo	Sim
IV	Roy e Hugonnard	1982	Ordenação	Pseudo	Não
IS	Roy e Sakalka	1985	Seleção	Pseudo	Sim
TRI	Yu Wei	1992	Classificação	Pseudo	Sim

Segundo Almeida (2010), os métodos ELECTRE são aplicados em duas fases:

- “Construção da relação de sobreclassificação, em que se estabelece uma comparação par a par entre as alternativas”;
- “Exploração da relação de sobreclassificação, em que se aplica um procedimento ou algoritmo para resolver o problema em função da problemática específica abordada”.

2.5 ELECTRE TRI

O ELECTRE TRI é um método multicritério de classificação cuja atribuição das alternativas às categorias é resultado da comparação com os perfis que definem os limites das categorias. Para um conjunto de critérios (g_1, g_2, \dots, g_m) e um conjunto de perfis (b_1, b_2, \dots, b_p) definem-se $p+1$ categorias, em que b_h é o limite superior da categoria C_h e o limite inferior da categoria C_{h+1} , $h=1, 2, \dots, p$, vide figura 2.4. O ELECTRE TRI constrói uma relação de sobreclassificação S , validando ou invalidando a afirmação de que aSb_h (e b_hSa), ou seja, significa dizer que “a é pelo menos tão boa quanto b_h ”. Para validar tal relação duas condições devem ser verificadas:

- Concordância: para uma sobreclassificação aSb_h (e b_hSa) ser aceita, a maioria dos critérios deve estar a favor dessa afirmação;

- Não-discordância: quando a condição de concordância não for atendida, nenhum dos critérios deve opor-se à afirmação aSb_h (e b_hSa) (MOUSSEAU & SLOWINSKI, 1998).

Na construção de S , dois tipos dos parâmetros de preferência inter-critério são utilizados:

- O conjunto de coeficientes de peso é utilizado no teste de concordância ao calcular a importância relativa das coalizões de critérios que são a favor da afirmação aSb_h ;
- O conjunto de limiares de veto ($v_1(b_h)$, $v_2(b_h)$, ..., $v_m(b_h)$) é utilizado no teste de discordância. $v_j(b_h)$ representa a menor diferença $g_j(b_h)-g_j(a)$ incompatível com a afirmação aSb_h (MOUSSEAU & SLOWINSKI, 1998).

O método de classificação aqui trabalhado, trata de problemas modelados por uma família de pseudo-critérios, no qual os limiares de preferência e indiferença $p_j(b_h)$ e $q_j(b_h)$ constituem as informações intra-critério. Desse modo, $q_j(b_h)$ representa a maior diferença $g_j(a)-g_j(b_h)$ que preserva a indiferença entre a e b_h no critério g_j e $p_j(b_h)$ representa a menor diferença $g_j(a)-g_j(b_h)$, compatível com uma preferência de a no critério g_j . A estrutura de preferência com pseudo-critérios permite uma zona de hesitação, evitando uma passagem repentina entre a indiferença e a preferência estrita (MOUSSEAU & SLOWINSKI, 1998).

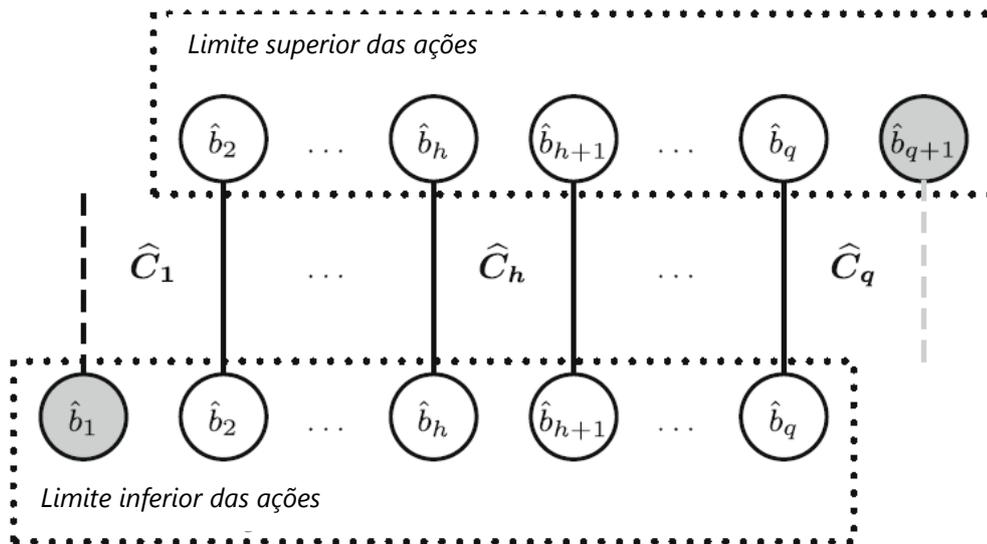


Figura 2.4 - Definição das ações de fronteira

Fonte: Almeida-Dias et al. (2010)

O ELECTRE TRI calcula o índice de credibilidade $\sigma(a, b_h) \in (0,1)$ (e $\sigma(b_h, a)$) que permite avaliar como a alternativa a supera a alternativa b_h . A afirmação aSb_h (e b_hSa) é válida quando $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ (e $\sigma(b_h, a) \geq \lambda$), em que λ representa o nível de corte situado no intervalo $[0,5;1]$. Para determinação do índice de credibilidade, as seguintes etapas devem ser seguidas (MOUSSEAU & SLOWINSKI, 1998):

- 1- Calcular o índice de concordância parcial $c_j(a, b_h), \forall_j \in F$:

$$c_j(a, b) = \begin{cases} 0, & \text{se } gj(bh) - gj(a) \geq pj(bh) \\ 1, & \text{se } gj(bh) - gj(a) \leq qj(bh) \\ \frac{pj(bh) + gj(a) - gj(bh)}{pj(bh) - qj(bh)} & \text{n. c} \end{cases}$$

- 2- Calcular o índice de concordância $c(a, b_h)$:

$$c(a, b) = \frac{\sum_{j \in F} k_j c_j(a, b_h)}{\sum_{j \in F} k_j}$$

- 3- Calcular o índice de discordância $d_j(a, b_h), \forall_j \in F$:

$$d_j(a, b) = \begin{cases} 0, & \text{se } gj(bh) - gj(a) \leq pj(bh) \\ 1, & \text{se } gj(bh) - gj(a) > vj(bh) \\ \frac{gj(bh) + gj(a) - pj(bh)}{vj(bh) - pj(bh)} & \text{n. c} \end{cases}$$

- 4- Calcular o índice de credibilidade $\sigma(a, b_h)$ da relação de sobreclassificação:

$$\sigma(a, b_h) = c(a, b_h) \cdot \prod_{j \in F} \frac{1 - d_j(a, b_h)}{1 - c_j(a, b_h)}$$

onde $F = \{j \in F : d_j(a, b_h) > c_j(a, b_h)\}$ (MOUSSEAU & SLOWINSKI, 1998).

Os valores de $\sigma(a, b_h)$, $\sigma(b_h, a)$ e λ determinam as situações de preferência entre a e b_h :

- $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ e $\sigma(b_h, a) \geq \lambda \rightarrow aSb_h$ e $b_hSa \rightarrow a$ é indiferente a b_h .
- $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ e $\sigma(b_h, a) < \lambda \rightarrow aSb_h$ e não $b_hSa \rightarrow a$ é preferível a b_h .
- $\sigma(a, b_h) < \lambda$ e $\sigma(b_h, a) \geq \lambda \rightarrow$ não aSb_h e $b_hSa \rightarrow b_h$ é preferível a a .
- $\sigma(a, b_h) < \lambda$ e $\sigma(b_h, a) < \lambda \rightarrow$ não aSb_h e não $b_hSa \rightarrow a$ é incomparável a b_h .

(MOUSSEAU & SLOWINSKI, 1998).

Dois procedimentos de atribuição são avaliados:

- Procedimento Pessimista
 - a) Compara a sucessivamente a $b_i, i = p, p-1, \dots, 0$,

- b) b_h , sendo o primeiro perfil tal que aSb_h , atribui a para a categoria C_{h+1} ($a \rightarrow C_{h+1}$).
- Procedimento Otimista
 - a) Compara a sucessivamente com b_i , $i = 1, 2, \dots, p$,
 - b) b_h , sendo o primeiro perfil tal que b_h seja preferível a a , atribui a para a categoria C_h ($a \rightarrow C_h$) (MOUSSEAU & SLOWINSKI, 1998).

2.6 ELECTRE TRI-C

No ELECTRE TRI cada categoria é definida por um limite superior e um limite inferior. Tais fronteiras, entre duas categorias consecutivas e ordenadas, são determinadas por meio de ações de referência a partir da interação direta com o tomador de decisão ou do uso de um procedimento de agregação/desagregação. Por sua vez, a definição de ações de referência é, em grande parte, uma tarefa árdua. Particularmente em casos nos quais o decisor possui uma idéia nebulosa da fronteira entre duas categorias consecutivas. De modo a sanar as dificuldades que possam ocorrer no ajuste das ações de fronteira, o ELECTRE TRI-C, desenvolvido por Almeida-Dias *et al.* (2010), define ações de referência central, nas quais as fronteiras entre duas categorias consecutivas não são explicitamente definida (ALMEIDA-DIA *et al.*, 2010).

O ELECTRE TRI-C consiste em uma abordagem construtiva de apoio à decisão que lida com a problemática de classificação. Tal método busca melhorar a interação com o decisor, auxiliando no processo de atribuição das alternativas às categorias que lhes sejam mais adequadas. O processo de atribuição leva em consideração apenas o valor intrínseco da alternativa avaliada em cada um dos critérios e a comparação das alternativas é realizada por meio de ações de referência central (ALMEIDA-DIA *et al.*, 2010).

O método desenvolvido constitui um processo iterativo entre o analista e o decisor, uma vez que envolve a definição das ações características, definição dos critérios, atribuição de valores para os limiares de indiferença e de preferência, atribuição de valores para os limiares de veto, definição de pesos para cada um dos critérios estabelecidos e, finalmente, a escolha de um nível mínimo de credibilidade para validar a relação de sobreclassificação (ALMEIDA-DIA *et al.*, 2010).

Alguns conceitos, definições e notações devem estar claras para que o método possa ser amplamente compreendido. Em primeiro lugar deve-se conhecer o conjunto de alternativas $(a_1, a_2, \dots, a_i, \dots)$ a serem atribuídas a um conjunto de categorias ordenadas $(C_1, \dots, C_h, \dots, C_q)$, em que $q \geq 2$. As alternativas podem ser conhecidas *a priori* ou podem aparecer progressivamente durante o processo decisório, e elas serão avaliadas de acordo com um conjunto de critérios $F = (g_1, \dots, g_j, \dots, g_n)$, em que $n \geq 3$. Tais critérios deverão ser maximizados, ou seja, a preferência deve aumentar de acordo com o aumento da *performance* (ALMEIDA-DIA *et al.*, 2010).

Assim como no ELECTRE TRI, utilizam-se pseudo-critérios, uma vez que a cada g_j estão associados limiares de preferência (p_j) e indiferença (q_j), em que $p_j \geq q_j \geq 0$ e que deverão ser estabelecidos pelo decisor. Com relação ao conjunto de critérios, está associado um vetor de pesos w_j , em que $w_j > 0$, $j = 1, \dots, n$ e $\sum_{j=1}^n w_j = 1$. Para calcular os índices de concordância, discordância e o índice de credibilidade, utiliza-se o mesmo procedimento do ELECTRE TRI exposto anteriormente. O nível de credibilidade λ , por sua vez, deve ser fixado na faixa de valores entre 0,5 e 1 (ALMEIDA-DIA *et al.*, 2010).

Antes de aplicar o procedimento propriamente dito, deve-se tomar conhecimento dos requisitos estruturais do método ELECTRE TRI-C, que são:

- a) Conformidade: cada ação característica b_h deve ser atribuída a uma categoria C_h , $h = 1, \dots, q$.
- b) Homogeneidade: duas alternativas devem ser atribuídas para a mesma categoria quando elas possuem o mesmo índice de credibilidade com relação às ações características.
- c) Monotonicidade: se uma alternativa a domina estritamente a' , então a deve ser atribuída para pelo menos a mesma categoria a qual a' é atribuída.
- d) Estabilidade: quando realizada uma operação de fusão ou cisão de categorias, as alternativas previamente atribuídas a uma das categorias não modificadas permaneceram atribuídas à mesma categoria, ou possivelmente, às novas categorias (ALMEIDA-DIA *et al.*, 2010).

A principal particularidade do método consiste na definição da ação característica b_h que é introduzida para definir a categoria C_h , em que $h = 1, \dots, q$. Deve-se notar que C_1 é a pior categoria e C_q é a melhor, em que $q \geq 2$. $B = (b_0, b_1, \dots, b_h, \dots, b_q, b_{q+1})$ denota o conjunto de $(q+2)$ ações características para o qual $g_j(b_0)$ é a pior performance possível no critério g_j , e $g_j(b_{q+1})$ é a melhor performance possível no critério g_j , para todo $g_j \in F$. A melhor e a pior possibilidade deve ser escolhida de modo que para qualquer alternativa a , tenha-se $g_j(b_0) < g_j(a) < g_j(b_{q+1})$,

para todo $g_j \in F$. Além disso, para todo $g_j \in F$, $g_j(b_1) - g_j(b_0) > 0$ e $g_j(b_{q+1}) - g_j(b_q) > 0$ (ALMEIDA-DIA *et al.*, 2010).

De acordo com o caráter ordinário das categorias, b_{h+1} deve dominar estritamente b_h , $h=1, \dots, (q-1)$. Tal condição de dominância é definida como a seguir:

$$g_j(b_{h+1}) - g_j(b_h) \geq 0, \quad \forall j,$$

$$g_j(b_{h+1}) - g_j(b_h) > 0, \quad h=1, \dots, (q-1) \text{ (ALMEIDA-DIA } et al., 2010).$$

O ELECTRE TRI-C propõe duas regras para realização do processo de atribuição das alternativas às categorias. Tais regras devem ser aplicadas conjuntamente, como a seguir:

- **Regra Decrescente.** Escolher o nível de credibilidade λ ($0,5 < \lambda < 1$) e decrescer h de $(q+1)$ até o primeiro valor, t , em que $\sigma(a, b_t) \geq \lambda$:
 - a) Para $t=q$, selecionar C_q como a possível categoria para atribuir a alternativa a .
 - b) Para $0 < t < q$, se $\rho(a, b_t) > \rho(a, b_{t+1})$, então selecionar C_t como a possível categoria para atribuir a ; caso contrário, selecionar C_{t+1} .
 - c) Para $t=0$, selecionar C_1 como a possível categoria para atribuir a .
- **Regra Ascendente.** Escolher o nível de credibilidade λ ($0,5 < \lambda < 1$) e ascender h de zero até o primeiro valor, k , em que $\sigma(b_k, a) \geq \lambda$:
 - a) Para $k=1$, selecionar C_1 como a possível categoria para atribuir a alternativa a .
 - b) Para $1 < k < (q+1)$, se $\rho(a, b_k) > \rho(a, b_{k-1})$, então selecionar C_k como a possível categoria para atribuir a ; caso contrário, selecionar C_{k-1} .
 - c) Para $k=(q+1)$, selecionar C_q como a possível categoria para atribuir a .

Em que:

- $\rho(a, b_h) = \min\{\sigma(a, b_h), \sigma(b_h, a)\}$ e representa a função de seleção.
- $\sigma(a, b_{t+1}) < \lambda \leq \sigma(a, b_t)$, para a regra decrescente; e $\sigma(b_k, a) < \lambda \leq \sigma(b_{k+1}, a)$, para a regra ascendente.
- $\lambda > \lambda^b$
- $\lambda^b = \max_{h=1 \dots (q+1)}\{\sigma(b_h, b_{h+1})\}$.

Desse modo, de acordo com as duas regras conjuntas de atribuição do ELECTRE TRI-C, selecionam-se duas possíveis categorias para uma alternativa a . Tal alternativa a pode ser efetivamente atribuída, pelo decisor, para:

- Uma única categoria, quando as duas categorias selecionadas são iguais;
- Uma das duas categorias selecionadas, quando tais categorias são consecutivas;
- Uma das duas categorias selecionadas ou uma categoria intermediária, quando tais categorias não são consecutivas.

Quando há distinção entre as duas categorias atribuídas pela regra descendente e ascendente significa que a atribuição de tal ação permanece mal-determinada, tendo em conta a forma como o conjunto de ações características define as categorias (ALMEIDA-DIA *et al.*, 2010).

3. REVISÃO DA LITERATURA

Em vista de investigar o estado da arte dos temas aqui tratados, serão apresentados os principais e/ou mais recentes trabalhos e autores, suas contribuições e principais conclusões relevantes para o alcance do objetivo do presente texto. Será apresentada uma revisão da literatura quanto à aplicação dos métodos multicritério de apoio à decisão na gestão de projeto, quanto ao gerenciamento de múltiplos projetos e o problema de priorização e quanto às aplicações do ELECTRE TRI.

3.1 Revisão da Literatura sobre Utilização de Métodos Multicritério na Gestão de Projetos

A gestão de projetos é composta por uma série de atividades complexas e inter-relacionadas que necessitam de coordenação específica e sistemática. As ferramentas tradicionais de gestão de projetos não são suficientes para apoiar processos de decisão complexos e abrangentes e, portanto, os métodos multicritério de apoio à decisão apresentam uma abordagem adequada para esse tipo de problema. Na literatura foram encontradas diversas aplicações de métodos multicritério na gestão de projetos. É o caso de Miranda *et al.* (2003) que apresentam um Sistema de Apoio a Decisão (SAD) desenvolvido para suportar o gerenciamento de grandes projetos. O sistema visa atender aos aspectos críticos do projeto além do tempo, como custo, qualidade, mobilização de recursos e demais critérios relevantes para gestor.

Devido à complexidade, à incerteza e ao grande número de alternativas envolvidas na tomada de decisão, os autores tratam a gestão de projetos como um problema decisão multicritério e utilizam o método ELECTRE I juntamente com a técnica PERT/CPM para realizar a priorização das atividades do projeto. A técnica citada é utilizada para identificar as atividades críticas, ou seja, aquelas que fazem parte do caminho crítico com folga zero. Tais atividades são imediatamente priorizadas, enquanto para as demais se aplica o método multicritério selecionado. Esse processo pode ser aplicado inúmeras vezes de acordo com a necessidade de replanejamento do projeto (MIRANDA *et al.*, 2003).

Mota *et al.* (2009) desenvolveram um modelo estruturado para suportar o gestor de projetos de modo a concentrar sua atenção sobre as principais tarefas da rede de projeto. De acordo com os autores, diferentes formas de gestão devem ser aplicadas para cada tipo de atividade e sua identificação pode ser realizada por meio de métodos multicritério de apoio a

decisão. São, portanto, sugeridas três classes de gestão: delegação a um subordinado sem o acompanhamento de perto, delegação a um subordinado com supervisão de perto, gerenciamento das atividades pelo próprio gestor de projetos.

A metodologia desenvolvida consiste na construção da rede de atividades, definição das classes de gestão, definição do conjunto de critérios, avaliação das atividades em cada um dos critérios e aplicação do método multicritério para classificação das atividades. Ressalta-se no trabalho a importância da periodicidade e da contínua revisão do modelo, garantindo a inclusão de mudanças e reprogramações ao longo da implementação do projeto. O modelo foi aplicado na construção de uma subestação elétrica e para classificação das atividades utilizou-se o método ELECTRE TRI (MOTA *et al.*, 2009).

Al-Harbi (2001), por meio de uma revisão de literatura, demonstra a aplicação do método multicritério AHP (*Analytical Hierarchy process*) na gestão de projetos. O exemplo utilizado para tal demonstração foi o problema de pré-qualificação do contratante que envolve um conjunto de critérios necessários para o bom desempenho do projeto. O *software Expert Choice*, desenvolvido para aplicação do algoritmo AHP, é utilizado para realizar a ordenação dos contratantes de acordo com os critérios e preferências estabelecidas pelos decisores. Ressalta-se ainda a abordagem da decisão em grupo fornecida pelo método utilizado.

Mahdi & Alreshsid (2005) propõem uma metodologia multicritério para apoiar os decisores na seleção do método mais apropriado para a o processo de entrega de projetos de acordo com as singularidades do mesmo e do proprietário em questão. Segundo os autores, a grande variedade de métodos e a existência de vantagens e desvantagens para cada um deles requer uma avaliação detalhada e sistemática de modo a proporcionar reduções nos custos e um processo de entrega mais harmonioso. Para tal processo de seleção é fundamental que o decisor conheça os diferentes tipos de métodos de entrega, as características do projeto e as suas preferências e habilidades.

Foram selecionados métodos de entrega de projetos (*Design – Bid – build, Design – build, Construction Management at Risk, Construction Management Agency*), fatores (características do projeto, características dos proprietário, características de design, regulamentação, características do contratante, gerenciamento de risco, reivindicações e litígios) e subfatores para serem avaliados de acordo com o método AHP. Realizou-se ainda uma análise de sensibilidade para identificar o impacto causado na solução apresentada por mudanças relativas em cada um dos fatores (MAHDI & ALRESHSID, 2005).

Alguns trabalhos tratam a modelagem multicritério no gerenciamento de riscos em projetos. É o caso de Dey (2010) que desenvolveu uma abordagem integrada por meio da

análise de risco nos níveis do projeto, do pacote de trabalho e das atividades, buscando respostas para os riscos identificados. Por meio de uma revisão da literatura foram identificadas lacunas no gerenciamento de riscos em projetos e, em seguida, desenvolvido um modelo conceitual que aborda combinadamente o método AHP e o mapa de riscos. O modelo foi aplicado na construção de uma linha de óleo, em que se utilizou o método AHP para escolha da rota com menor risco associado e o mapa de risco para identificação, análise e posterior sugestão de ações para mitigação dos riscos associados aos pacotes de trabalho e às atividades.

Como se observa, os riscos operacionais e do negócio são gerenciados ao longo de todo o ciclo de vida do projeto, além de poder ser aplicado em projetos complexos de modo a controlar os riscos externos e internos. A integração das abordagens proposta auxilia gestores na tomada de decisão dinâmica durante a fase de planejamento e envolve os *stakeholders* do projeto. Por fim, provém um efetivo mecanismo de monitoramento e controle do projeto ao longo dos diversos níveis de gestão da organização (DEY, 2010).

Lova *et al.* (2000) constataram a necessidade de diversas empresas em gerenciar múltiplos projetos que compartilham de recursos limitados. Portanto, desenvolveram uma heurística multicritério baseada em regras de prioridade a fim de aumentar a flexibilidade na utilização de ferramentas de programação de projetos. O estudo aborda de forma lexográfica dois tipos de critérios: um relativo ao tempo, e outro não relativo ao tempo. O primeiro consiste na duração ou atraso do projeto e, o segundo, escolhido a cargo do decisor, envolve aspectos como interferência entre projetos, estoques, nivelamento de recursos e recursos ociosos. O algoritmo, baseado nas regras de maximização do conteúdo do trabalho total (MAXTWX) e minimização do tempo de conclusão mais tarde (MINLFT), mostrou-se eficaz na melhoria de programação de múltiplos projetos.

O trabalho de Ipsilandis *et al.* (2008) aborda a importância das técnicas de análise multicritério na avaliação de programas. Os autores enfatizam que tal avaliação deve-se estender além dos aspectos da gestão financeira dos projetos e incluir a avaliação dos resultados de modo a interagir com as diversas partes interessadas do programa. O método MUSA foi utilizado para mensurar o nível de satisfação dos gerentes de projeto de acordo com critérios em quatro dimensões: resultados do projeto, operações da organização do programa, apoio da organização do projeto e, desempenho da equipe do projeto. A metodologia proposta mostrou-se uma valiosa ferramenta para organizações que operam programas, especialmente no caso de projetos cujas entregas são intangíveis.

Lauras *et al.* (2010) discutem a dificuldade em controlar um projeto complexo devido ao grande número de indicadores de desempenho existentes. Além disso, por meio de uma revisão bibliográfica, os autores revelam a inexistência de ferramentas formais capazes de suportar uma análise global de todos os critérios envolvidos no problema. Portanto, propõem um método multicritério que auxilie os gerentes na análise e controle do desempenho dos seus projetos de acordo com a *performance* em três dimensões: tarefas do projeto, categorias de indicadores de desempenho, destrinchamento da tríplice de desempenho (eficácia, eficiência, relevância). Por fim, o método MACBETH é utilizado para obtenção de uma expressão agregada de desempenho.

Na área de construção civil, Zeng *et al.* (2007) abordam a crescente complexidade e dinâmica dos projetos e a inerente necessidade de uma gestão adequada de riscos em projetos. O trabalho ressalta que existem diversos fatores de risco que levam a uma falha do projeto de construção civil, além dos parâmetros tradicionais probabilidade do risco e gravidade do risco. Uma técnica *fuzzy* é aplicada de modo eficaz para lidar com as incertezas e subjetividade que surgem no processo de construção, e uma modificação do método AHP é utilizada para estruturar e priorizar os diversos fatores de risco que serão incorporados no processo de avaliação.

Outros artigos também abordam a aplicação de métodos multicritério no gerenciamento de projetos de construção civil. É o caso de Chen *et al.* (2010), que apresenta uma ferramenta, o Método de Construção de Seleção de Modelos (CMSM), projetada para auxiliar os membros da equipe de construção durante as fases iniciais do projeto para avaliar a viabilidade da pré-fabricação e exploração de uma estratégia ideal para aplicar em edifícios pré-fabricados de concreto. O modelo é dividido em dois níveis sequenciais: o nível estratégico e o nível tático. A técnica SMART é aplicada no primeiro nível de avaliação de viabilidade preliminar de pré-fabricação, e no segundo nível, o método, que considera a atitude de incerteza e risco, é empregado para avaliar em que grau de pré-fabricação o projeto deve ser apropriado.

Ozdamar e Ulusoy (1996) propõem uma heurística iterativa para abordar problemas de programação de projetos com recursos restritos. O algoritmo envolve regras de expedição e o procedimento de tomada de decisão LCBA (Análise Baseada em Restrição Local). O LCBA avalia e seleciona as atividades que competem por recursos escassos, considerando as atuais limitações, temporal e de recursos, impostas pela rede ou pelas características de recurso. Juntamente com o LCBA, o WRUP (ponderada utilização de recursos e precedência) é uma das regras que mais se beneficiam do algoritmo de programação iterativa.

Lova *et al.* (2009) tratam do problema multi-modal de programação de projetos com recursos limitados (MRCPSP), que visa encontrar os horários de início e modos de execução para as atividades de um projeto de modo a otimizar uma dada função objetivo de acordo com um conjunto de restrições de precedência e recursos. Para tanto, desenvolveram um Algoritmo Genético Híbrido capaz de apoiar o processo de tomada de decisão.

Strnad e Guid (2010) apresentam um modelo fuzzy-genético para o problema de formação de equipes em múltiplos projetos com possíveis requisitos conflituosos. Ele baseia-se em abordagens quantitativas anteriores, porém acrescenta melhorias da modelagem como a derivação dos atributos pessoais baseada em dados quantitativos dinâmicos, modelagem complexa de atributos e manuseio da necessidade de sobre-competência. As especificações de requisitos foram melhoradas pela aplicação de um formato especial que expresse os requisitos de capacidade do time utilizando descrições *fuzzy*. Um função objetivo única foi definida de modo a incorporar os múltiplos critérios que irão compor a solução otimizada.

Riggs *et al.* (1994) descreve um método computadorizado para a integração de custos, aspectos técnicos e de risco do cronograma na gestão de projetos. Tais fatores são representados pela função utilidade do gerente do projeto e o valor esperado de tais funções é calculado para várias alternativas no âmbito de uma árvore de decisão. O método AHP é aplicado para elicitar as funções de utilidade e para atribuir probabilidades a árvore de decisão. O procedimento indica a alternativa com maior valor de utilidade.

Roulet *et al.* (2002) desenvolveram uma metodologia de avaliação multicritério com a finalidade de taxar ou classificar edifícios de acordo com os seguintes parâmetros: uso de energia para aquecimento, arrefecimento e outros eletrodomésticos; impacto sobre o ambiente externo; qualidade do ambiente interior; custo. O método baseia-se na classificação por meio de uma análise de componentes principais e de uma técnica de agregação parcial.

Liang (2010) aborda o ambiente formado por múltiplos e conflitantes objetivos no qual o gerente de projeto está inserido. Além do cenário incerto, o ambiente de projetos é muitas vezes caracterizado por distorções dos objetivos e pela indisponibilidade de dados. O estudo, desse modo, desenvolve um método de programação de objetivos *fuzzy* em duas fases (FGP) para resolver problemas de decisão com múltiplos objetivos em gerenciamento de projetos. O Modelo de Programação Linear Multi-Objetivo minimiza simultaneamente os custos totais do projeto, o tempo de conclusão total, os custos diretos, indiretos e de pena contratual, a duração das atividades e a restrição orçamentária. A metodologia fornece uma estrutura de tomada de decisão sistemática que facilita e auxilia o processo decisório na busca da melhor solução.

3.2 Revisão da Literatura sobre Aplicações do ELECTRE TRI

O ELECTRE TRI tem sido aplicado nos mais variados campos do conhecimento de modo a apoiar diversificados perfis de decisores. Neves e Costa (2010), por exemplo, aplicaram tal método na avaliação de desempenho de projetos de acordo com os critérios de avaliação em gerenciamento de projetos identificados no trabalho de Lopes e Muscat (2009). Os autores compararam o desempenho de duas empresas durante seu empreendimento e realizaram a sua classificação em categorias pré-estabelecidas. Verificou-se que a modelagem utilizada permitiu identificar incomparabilidades e evitar o efeito compensatório presente em métodos aditivos.

Mota *et al.* (2009) desenvolveram um modelo estruturado para suportar o gestor de projetos de modo a concentrar sua atenção sobre as principais tarefas da rede de projeto. De acordo com os autores, diferentes formas de gestão devem ser aplicadas para cada tipo de atividade e sua identificação pode ser realizada por meio de métodos multicritério de apoio a decisão. Para classificação das atividades utilizou-se o método ELECTRE TRI que proporcionou uma sistemática consistente para priorização das atividades, considerando os múltiplos critérios simultaneamente. O modelo foi aplicado na construção de uma subestação.

Alguns trabalhos exploram a utilização do ELECTRE TRI na avaliação de programas educacionais. É o caso de Miranda e Almeida (2003) que propõem uma forma alternativa para tratar tal problema e aplicam o modelo na avaliação dos cursos da área Engenharias III da CAPES para a classificação dos programas de pós-graduação em cinco categorias pré-estabelecidas. Os autores ressaltam a importância de uma metodologia não-compensatória, diferente da aditiva utilizada pelo sistema CAPES, que favoreça programas cujas avaliações são mais balanceadas em relação aos critérios da avaliação. Outro ponto frisado é o uso de critérios verdade ao invés de pseudocritérios considerados no ELECTRE TRI. Para a análise de sensibilidade do modelo, o nível de corte e os limites das classes foram variados.

Neves & Costa (2006) também aplicaram tal método multicritério para a avaliação de programas de pós-graduação. Ressalvam que a CAPES não explicita a utilização de ferramentas na definição de posicionamentos estratégicos, além de carecer de algoritmos capazes de tratar elementos subjetivos presentes no processo de avaliação. Os autores, desse modo, propõem a utilização integrada da análise SWOT, do método ELECTRE TRI e do sistema CAPES. A metodologia proposta foi aplicada em um Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Engenharia de Produção de uma Universidade Pública Brasileira cujo

resultado indicou distintas classificações de acordo com os critérios internos ou externos e segundo níveis mais ou menos exigentes de avaliação. Concluiu-se que o posicionamento do programa se encontra entre uma postura de estabilidade e desenvolvimento, indicando ações de inovação. Por fim, a predominância da alternativa em um determinada categoria durante a adoção do corte igual a 0,5, destaca o aspecto *Fuzzy* da modelagem pelo ELECTRE TRI.

Siskos *et al.* (2007) desenvolveram uma abordagem integrada para a avaliação dos conhecimentos e competências em tecnologia da informação. A metodologia que utiliza o ELECTRE TRI na classificação dos candidatos em categorias de profissionais visa à formação de uma política educacional e de treinamento.

Na literatura encontra-se também a aplicação do ELECTRE TRI no gerenciamento de riscos. Brito *et al.* (2010) propõem um modelo de decisão baseado na combinação de Teoria da Utilidade e do método ELECTRE TRI, a fim de avaliar o risco associado aos gasodutos de modo a realizar a classificação das seções dos dutos em categorias de risco. A atribuição de cada seção do gasoduto para uma categoria de risco leva em conta as dimensões do impacto humano, ambiental e financeiro decorrente de um acidente causado pelo vazamento de gás natural. O procedimento auxilia na classificação do planejamento e execução de medidas adequadas para a inspeção formal, controle, prevenção e manutenção das diferentes partes do gasoduto de acordo com sua categoria de risco correspondente.

Costa *et al.* (2007), por sua vez, utilizam a abordagem multicritério para a classificação do risco em equipamentos industriais em situações nas quais os dados históricos não estejam disponíveis. O estudo está fundamentado na integração da Matriz de Classificação de Riscos ao Método ELECTRE TRI. Os autores destacam que o resultado obtido no trabalho é independente da escala numérica definida uma vez que na modelagem desenvolvida o veto foi considerado em processamento prévio ao ELECTRE TRI. A escala de julgamento pode, então, ser verbal, o que facilita no momento de avaliação de desempenho.

Costa *et al.* (2004) desenvolveram uma metodologia para a classificação e escolha de prestadores de serviço para transporte de materiais perigosos. De acordo com os autores, o problema de classificação de empresas transportadoras segundo padrões pré-estabelecidos é complexo e deve ser tratado com a utilização de ferramentas consistentes. No estudo conduzido aplicou-se o método multicritério ELECTRE TRI e percebeu-se que para uma das alternativas, cuja regularidade no desempenho não é mantida, o sistema não se mostrou adequado para a classificação de acordo com as classes definidas no estudo de caso. Desse modo, o ELECTRE TRI apresenta a capacidade em detectar incomparabilidades que outros métodos, como o da média ponderada, não foram capazes de captar. Ressaltam também o

posicionamento em classes altas daquelas alternativas que apresentam um bom desempenho em um maior número de critérios.

Dentro da construção civil, o estudo de Szajubok *et al.* (2006) revela a importância da gestão de materiais como função estratégica de potencial redutor de custos e propulsor da inovação tecnológica e organizacional. Desse modo, propõem o uso de um modelo de decisão multicritério que objetive classificar os materiais de uma obra em três categorias que direcionem a adoção de diferentes políticas de estoques, além de auxiliar na gerência dos materiais. A dinâmica desenvolvida pelos autores foi aplicada em uma obra de construção de prédio residencial e utiliza um modelo, desenvolvido por Mousseau & Slowinski (1998), para inferir os parâmetros do ELECTRE TRI com uma análise de exemplos atribuídos pelo decisor, haja vista a dificuldade envolvida em elicitar os vários parâmetros de preferência.

Na área financeira, Xidonas *et al.* (2009) discutem o problema de seleção de portfólio para a construção de uma carteira de ações de modo a maximizar a utilidade do investidor. O trabalho se foca na fase de seleção de ações que estão negociadas na bolsa de valores por meio da utilização do método ELECTRE TRI e da ferramenta de análise de investimento, adequada para decisões de investimento num horizonte de longo prazo. Finalmente, a validade da metodologia proposta é testada através de uma aplicação numérica na Bolsa de Valores de Atenas.

Um estudo de caso, conduzido por Raju *et al.* (2000), implementa a Tomada de Decisão Multicritério na área de planejamento de recursos hídricos. São utilizados critérios econômicos, ambientais e sociais para classificar e ordenar políticas alternativas de sistema de irrigação, tarifação da água, alocação de água, distribuição de culturas, uso de fertilizantes e de subsídios recebidos. O método ELECTRE TRI é aplicado para reduzir a matriz de *payoff* para um conjunto gerenciável de alternativas e, em seguida, as técnicas PROMETHEE-2, EXPROM-2, ELECTRE-3, ELECTRE-4 e *Compromise Programming (CP)* são empregadas para ordenar tais alternativas selecionadas. Foi realizada uma análise de decisão em grupo e os resultados indicam que as cinco técnicas multicritério de apoio à decisão selecionaram, em primeiro lugar, a mesma a estratégia alternativa para gestão dos recursos hídricos.

Para a Avaliação de Impacto Ambiental, Cloquell-Ballester *et al.* (2007) propõem uma metodologia para determinar a significância dos impactos causados por programas, projetos ou atividades no meio ambiente e sobre o cenário sócio-econômico. Tal proposta está baseada em análises comparativas e de sensibilidade utilizando a técnica ELECTRE TRI, que se mostrou a técnica mais robusta face às variações nos pesos dos atributos. Uma aplicação da análise multicritério foi realizada por Arondel & Girardin (2000) na seleção sistemas de

cultivo com base no seu impacto sobre a qualidade das águas subterrâneas. O ELECTRE TRI foi utilizado na triagem de sistemas de cultivo, no qual foram definidas categorias de impacto.

Uma abordagem de classificação para as iniciativas de eficiência energética, baseada no ELECTRE TRI, é proposta por Neves *et al.* (2008). Tal proposta supera as limitações e desvantagens impostas pela análise de custo-benefício, pois permite a incorporação do atual perfil de preferência do decisor, além de evitar a dificuldade ou impossibilidade de medir os impactos em termos monetários. Tais vantagens proporcionam maior confiabilidade da decisão, maior capacidade do tomador de decisão em controlar a relevância de cada impacto sobre a decisão final e a capacidade de englobar a análise de robustez ao problema. Para lidar com múltiplos pontos de vista e aceitar a imprecisão nos dados de entrada para os parâmetros, os autores aplicaram o software IRIS, o que facilita o processo de definição das preferências dos decisores.

Ainda na área de meio ambiente e energia, Madlener *et al.* (2009) realizaram uma avaliação de 41 plantas para produção de biogás de modo a determinar a performance em termos econômico, ambiental e social. A comparação do potencial de conversão em energia renovável foi baseada em duas análises complementares. A Análise Envoltória de Dados (DEA) foi realizada para fornecer medidas de eficiência em relação às possibilidades de produção. O método IRIS/ELECTRE TRI foi aplicado para obter uma perspectiva diferente sobre os resultados e de modo a permitir incorporar facilmente preferências e informações gerenciais. Mavrotas *et al.* (2003), por sua vez, apresentam uma aplicação combinada do método ELECTRE TRI e da Programação Linear Inteira para seleção de projetos de energia renovável, especificamente na utilização de energia eólica na geração de eletricidade.

Joerin *et al.* (2001) propõem uma metodologia para mapear e planejar o uso da terra para fins habitacionais. Tais mapas incorporam uma multiplicidade de critérios complexos e conflituosos e, por meio do uso de um Sistema de Informação Geográfica e do ELECTRE TRI, a proposta permite classificar um determinado terreno estudado em zonas homogêneas. Outra aplicação do ELECTRE TRI na área da Geologia foi realizada por Merad *et al.* (2004), que tratam do problema da gestão pós-mineração. Os autores desenvolveram uma metodologia para atribuição de zonas de risco nas regiões danificadas por operações de mineração. A atribuição a categorias pré-determinadas de risco permite a escolha de um apropriado sistema de monitoramento para cada uma das zonas afetadas.

3.3 Revisão da Literatura sobre a Gestão de Múltiplos Projetos e o Problema de Priorização de Atividades

A maior parte da literatura em gestão de projetos tem se dedicado a projetos únicos. Contudo, nos últimos anos, é crescente o número de interessados nos problemas relacionados aos mecanismos de controle em ambientes de múltiplos projetos. Esse fato é explicado pela necessidade de sobrevivência em um mercado cada vez mais turbulento, no qual as organizações, freqüentemente, se apóiam em uma mescla de projetos de pequeno e grande porte. É nesse contexto que está inserida grande parte das organizações mundiais, destacando-se a complexidade na tomada de decisão e a característica dinâmica do ambiente de múltiplos projetos. (ANAVI-ISAKOW & GOLANY, 2003; PAYNE, 1995).

Alguns autores ressaltam os principais temas tratados nesse contexto, como a alocação de recursos, priorização, coordenação, inovação em organizações, processos de gestão de informação e conhecimento, gerenciamento de portfólio, gerenciamento de programas, sistemas de controle e papel dos gestores (SODERLUND, 2004).

Payne (1995), por sua vez, classifica os problemas associados ao gerenciamento de múltiplos projetos nas categorias de capacidade, complexidade, conflito, compromisso e contexto. Para Payne, os problemas de complexidade são mais interessantes e podem ser solucionados, em certa medida, apenas pela integração dos planos dos projetos que apresentam elementos em comum, tais como o compartilhamento de recursos e de sistemas de informação. No entanto, todos os autores assumem a existência de certo nível de homogeneidade entre os vários projetos que podem ser administrados simultaneamente. Infelizmente, na prática, todas as organizações têm que lidar com um conjunto de projetos que possuem natureza diferente.

Elonem & Artto (2003) identificaram as seguintes áreas de problemas no gerenciamento de múltiplos projetos: atividades inadequadas em nível de projetos individuais; atividades inadequadas em nível de portfólio de projetos; gerenciamento inadequado de informações; falta de comprometimento e definição de papéis e responsabilidades; deficiência de recursos, competências e métodos; gerenciamento inadequado do negócio orientado aos projetos. Dentre as áreas problemáticas, destaca-se a segunda, cujas principais características são: os objetivos dos diferentes projetos que compõem o portfólio não são integrados sistematicamente à estratégia de resultados; há ausência de métodos de priorização de projetos, resultando na realização de projetos sem considerar os recursos disponíveis, o valor do projeto para o portfólio e a prioridade do projeto; sobreposição de projetos e atividades, o

que indica um mesmo trabalho sendo repetido em um projeto ou em diferentes projetos; papéis e responsabilidades dos gestores mal definidos ou incompreendidos; pouco feedback entre o planejamento do portfólio e o planejamento dos projetos;

Segundo Anavi-Isakow & Golany (2003), o processo de alocação de recursos é um dos principais problemas enfrentados no gerenciamento dos múltiplos projetos. Frequentemente, as organizações não dispõem de recursos suficientes e adequados para atender as necessidades simultâneas de todos os projetos, o que resulta em conflitos no fornecimento de recursos e na necessidade de compartilhamento desses recursos entre os diversos projetos. Desse modo, a introdução de um novo projeto defronta-se com um conjunto de outros projetos que foram introduzidos anteriormente e, juntos, esperam ser priorizados para obter os recursos apropriados para seu desenvolvimento. Contudo, grande parte das organizações não possuem métodos para realizar a priorização dos projetos e das atividades, sendo gerenciados segundo a regra “primeiro a entrar, primeiro a realizar”, com exceções para os projetos considerados mais importantes ou urgentes.

Devido ao caráter dinâmico e conflituoso do ambiente de múltiplos projetos, é fundamental que as organizações estabeleçam metodologias adequadas de priorização de projetos e atividades, que sejam capazes de otimizar o fornecimento de recursos, dentro de padrões satisfatórios de custo, prazo e qualidade dos projetos, ao mesmo tempo que obedece as relações de precedência existentes entre as atividades. Outro ponto importante a considerar é a integração do planejamento diário de cada recurso ao planejamento estratégico de longo prazo da organização (ANAVI-ISAKOW & GOLANY, 2003).

Payne (1995) enfatiza a necessidade de sistemas que sejam capazes de monitorar as exigências de recursos de cada projeto. Tal planejamento de capacidade deve conferir a possibilidade de replanejamento e de transferência de recursos entre projetos. A realocação de recursos, por sua vez, quando mal planejada, resulta em atrasos de um projeto em detrimento a outro. Engwall & Jerbrant (2003) afirmam que os processos de alocação dos recursos, muitas vezes, são realizados sem o estabelecimento de critérios relevantes e formais que determinem a priorização entre os projetos e entre as suas atividades.

Payne (1995) também ressalta a importância de implantar uma metodologia para equilibrar as necessidades e a disponibilidade de recursos na organização, por meio da introdução de um processo formal de seleção de projetos. Tal seleção deverá ser rigorosa, clara e consistente, envolvendo todas as partes interessadas. Alguns dos fatores que devem envolver o processo de seleção são: a relevância do projeto para os objetivos dos negócios da organização, o tamanho do projeto, a viabilidade técnica e financeira da organização, a

disponibilidade das habilidades necessárias ao projeto, experiência e credibilidade da tecnologia da empresa e riscos do projeto.

Diversos são os trabalhos que buscam solucionar problemáticas relacionadas à alocação de recursos e priorização de atividades, destacando-se os Problemas de Programação de Múltiplos Projetos com Recursos Restritos (RCMPSP), explicado no próximo tópico. Dentro desse contexto, é representativo o número de trabalhos que desenvolvem metodologias para alocação de recursos entre os múltiplos projetos.

É o caso de Anavi-Isakow & Golany (2003) que propõem um novo mecanismo de controle de projeto com o fim de limitar o número de projetos ativos em um ambiente de múltiplos projetos. Esse mecanismo determina quando o sistema está apto a aceitar projetos adicionais e quais projetos em espera devem ser iniciados. Para disponibilização de recursos utiliza-se o conceito de produção puxada. Dean *et al.* (1992) estendem a utilização de algoritmos de gerenciamento de múltiplos projetos com recursos restrito para o planejamento de pessoal e para o problema de programação da carga de trabalho. Uma solução de software, baseada em análise heurística, é conferida para solucionar o problema.

Ainda dentre desse contexto, Hao *et al.* (2010) propõem um algoritmo heurístico para programação dinâmica de projetos baseado em redes de tarefas parciais com o objetivo de resolver o problema RCMPSP com restrições complexas, tais como tempo, recursos e o *status* de execução de tarefas. Krüger & Scholl (2010) também tratam do problema RCMPSP e desenvolvem uma abordagem para lidar com a transferência de tempo e custos entre projetos. Para a resolução do problema, utilizam a programação linear inteira. Engwall & Jerbrant (2003), por sua vez, abordam a síndrome da alocação de recursos no gerenciamento de múltiplos projetos e enfatizam a necessidade de abordar o problema além das questões de programação e planejamento de recursos.

Browning & Yassine (2010) propõem um gerador de multi-redes capaz de integrar simultaneamente diversos projetos e resolver, especificamente, problemas RCMPSP. Chen & Askin (2009) formulam e analisam o problema de seleção de projetos e programação de tarefas, envolvendo múltiplas alternativas que devem ser coordenadas em função do tempo de conclusão do projeto. Nesse problema, os recursos são limitados e renováveis e o objetivo é maximizar o valor presente do lucro. Diversos outros estudos desenvolvem metodologias para solucionar o problema de alocação de recursos e priorização de atividades, como Lova *et al.* (2000), East & Liu (2006) e Ghomi & Ashjari (2002).

O problema de programação de projetos com recursos restritos é tradicionalmente resolvido segundo a abordagem mono-objetivo. Contudo, este é um problema inerentemente

multi-objetivo e mais fielmente representado por modelos que consideram a existência de múltiplos e conflituosos objetivos. A inexistência de uma única solução ótima confere complexidade à abordagem multi-objetivo, sendo, por esse motivo, muitas vezes ignorada em estudos. Algoritmos heurísticos especializados são aplicados para resolver problemas multi-objetivo, no entanto, eles apresentam a desvantagem da dificuldade de definição e a falta de flexibilidade, ou seja, pequenas mudanças na estrutura do problema ou a introdução de novas medidas de desempenho são impossíveis de solucionar sem que haja a implementação de uma heurística completamente nova. Para tratar esse problema, Viana & Sousa (2000) e Nikulim & Drexl (2010) utilizam a abordagem metaheurística multi-objetivo.

3.3.1 O Problema de Programação de Projetos com Recursos Restritos

Programação consiste na definição de prioridades ou ordenação de atividades para atender a certos requisitos, restrições ou objetivos. A programação de projetos é um processo fundamental para grande parte das organizações mundiais, cujos problemas reais envolvem relações de precedência de acordo com o cronograma de atividade e o consumo de recursos escassos. Desse modo, até mesmo no caso de projetos únicos, há a necessidade de compartilhamento de recursos entre as diversas atividades contidas no escopo do projeto e o conseqüente desafio de alocação dos recursos (Hao *et al.*, 2010).

A alocação de recursos consiste em designá-lo para uma determinada atividade por um período de tempo limitado de modo que a capacidade de consumo não ultrapasse a disponibilidade do mesmo. Nesse contexto são construídos diferentes tipos de problemas de alocação, dentre eles o Problema de Programação de Projetos com Recursos Limitados (RCPSP). Tal problema visa atender um determinado objetivo administrativo, tão logo quanto possível, por meio da programação de um conjunto de atividades inter-relacionadas tecnologicamente, sob restrições de recursos e de precedência (ICHIHARA, 2002).

Segundo Ichihara (2002), o RCPSP pode envolver um único projeto (*single-project*) ou vários projetos simultaneamente (*multi-project*), envolver dados determinísticos ou probabilísticos, possuir um (*single model*) ou vários modos de execução (*multi-model*), utilizar apenas um recurso (*single resource*) ou múltiplos recursos (*multiple resources*) e lidar com recursos renováveis, não-renováveis ou recursos duplamente restritos. Além disso, essa família de problemas pode envolver um único objetivo (*single objective*), como a minimização do tempo de execução do projeto, a minimização do custo total do projeto ou a

maximização do valor presente do projeto. Ou então, tratar metodologias que trabalham múltiplos objetivos simultaneamente (*multiple objectives*).

A maior parte da literatura enfoca a programação de projetos únicos, contudo é essencial unir esforços para resolução de problemas que envolvam múltiplos projetos, uma vez que na realidade de projetos, em grande parte, há uma restrição global de recursos e uma disputa entre projetos para utilizar efetivamente os recursos limitados. O Problema de Programação de Múltiplos Projetos com Recursos Restritos (RCMPSP) é uma extensão do amplamente conhecido RCPSP e envolve a programação de duas ou mais atividades de projetos distintos que competem por um mesmo recurso restrito. O problema clássico RCPSP atraiu intensa atividade durante várias décadas em diferentes disciplinas acadêmicas e indústrias. No entanto, todas as abordagens na literatura foram testadas em um pequeno conjunto de atividades e restrições, que não é comparável com a escala do problema RCMPSP presente em diversas organizações (Hao et al., 2010).

3.4 Considerações Finais sobre a Revisão da Literatura

Por meio da revisão da literatura foi possível concluir que diversos são os trabalhos que tratam sobre a aplicação de métodos multicritério no gerenciamento de projetos. Uma variedade de métodos já foi utilizada para apoiar o processo decisório dos gestores de projetos, entre eles: métodos da família ELECTRE, AHP, métodos heurísticos, MACBETH, SMART e PLMO. O campo de aplicação também é bastante vasto, incluindo o gerenciamento de grandes projetos, projetos de construção civil, priorização de atividades de projetos, estilos de gestão, processo de pré-qualificação de contratante, seleção de métodos de entrega de projeto, gerenciamento de riscos em projeto, avaliação de programas e de desempenho de projetos e programação de projetos com recursos restritos.

Contudo, são escassos os trabalhos que tratam sobre o problema de priorização de atividades e que ao mesmo tempo utilizam múltiplos critérios para sua avaliação. O mesmo foi verificado também quando levantados os artigos sobre a gestão de múltiplos projetos. Dentre as principais problemáticas desse tema está a justamente o problema de compartilhamento de recursos restritos e a necessidade de priorização. Constatou-se a necessidade de metodologias adequadas de priorização de projetos e atividades.

O método multicritério ELECTRE TRI, por sua vez, possui uma vasta aplicação, nas mais variadas áreas do conhecimento. Dentre as aplicações do método levantadas, estão: avaliação de desempenho de projeto, classificação de atividades em práticas de gestão,

avaliação de programas educacionais, avaliação de conhecimento e competências em TI, gerenciamento de riscos, seleção de fornecedores e prestadores de serviços, gestão de materiais em construção civil, seleção de portfólio de carteira de ações, planejamento de recursos hídricos, avaliação de impacto ambiental e gestão do meio ambiente. Quando ao método ELECTRE TRI-C, não foi encontrada nenhuma aplicação publicada.

4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO

De acordo com a contextualização e o conhecimento levantado nos capítulos anteriores, será apresentado um modelo para priorização de atividades no contexto da gestão de múltiplos projetos por meio da sua classificação em grupos de práticas gerenciais, considerando simultaneamente múltiplos objetivos de avaliação. Primeiramente será exposta a contextualização desse problema e em seguida apresentado o modelo de fato, suas características, aplicações, bem como seu fluxograma.

4.1 Contextualização do Problema

O ambiente de múltiplos projetos é caracterizado pela execução simultânea de dois ou mais projetos constituídos por atividades inter-relacionadas. As múltiplas atividades necessitam da disponibilidade de recursos, muitas vezes restritos e compartilhados entre os múltiplos projetos. Contudo, não há como atender as exigências imediatas de cada projeto, acarretando em uma constante disputa de recursos entre eles. Os confrontos constantes além de desgastarem o ambiente organizacional, acarretam em programações ineficientes e que podem prejudicar o valor da cesta de projetos como um todo.

Desse modo, surge a necessidade de priorização entre as atividades. O processo de priorização consiste em decisões complexas e conflituosas e deve ser estabelecido segundo critérios e metodologias sistemáticas e consistentes. A programação das atividades deve satisfazer diversos interesses e, portanto, está baseada em múltiplos objetivos. Ao mesmo tempo, a programação de projetos envolve ações rotineiras sujeitas a mudanças e, conseqüente, ao replanejamento. Portanto, são decisões de médio e curto prazo, sujeitas a restrições de orçamento, cronograma, recursos humanos, tecnologia, equipamentos e demais fatores internos ou externos à organização.

A priorização das atividades deve alinhar o processo de programação do projeto à estratégia de negócio à longo prazo, a fim de executar no plano operacional atividades que encaminhem a empresa ao alcance dos seus objetivos. Desse modo, a priorização é fundamental na identificação de atividades que necessitam de maior atenção do gerente, uma vez que não é possível conferir o mesmo volume de esforços para todas as atividades. Ou seja, diferentes formas de gestão devem ser aplicadas para cada grupo de atividades. Gestores freqüentemente realizam tal priorização entre projetos e atividades, porém são decisões

empíricas e embasadas em experiências prévias. Nesse contexto, é importante a análise do problema de decisão e a utilização de adequados métodos gerenciais que potencializem o conhecimento do gestor (MOTA et al., 2009).

4.2 O Modelo

O modelo proposto nesse trabalho visa priorizar atividades em ambientes de múltiplos projetos. A priorização será realizada por meio da classificação das atividades em diferentes enfoques gerenciais de modo que os esforços sejam distribuídos em consonância com as necessidades e objetivos da organização. Para priorização das atividades, serão considerados mais de um critério simultaneamente e, para tanto, contar-se-á como o apoio dos métodos multicritério de apoio à decisão.

O modelo aqui exposto é baseado nos modelos desenvolvidos por Mota *et al.* (2009) e Mota *et al.* (2010). Ele deve ser utilizado na elaboração da programação dos múltiplos projetos em horizontes de médio e curto prazo, ou seja, as atividades de cada projeto deverão ser categorizadas a cada três meses, no máximo. A priorização deverá ser realizada em curtos períodos de modo que seja possível inserir as mudanças inerentes ao ambiente dinâmico no qual estão imersos os projetos. Portanto, o modelo é periódico e admite replanejamentos. A seguir, são apresentadas as fases do modelo, visualizado na figura 4.1 por meio do fluxograma que descreve o processo de priorização de atividades.

Espera-se, através do resultado alcançado para a priorização das atividades, auxiliar o gestor de múltiplos projetos na programação coordenada dos múltiplos projetos e no gerenciamento das incertezas deste ambiente.

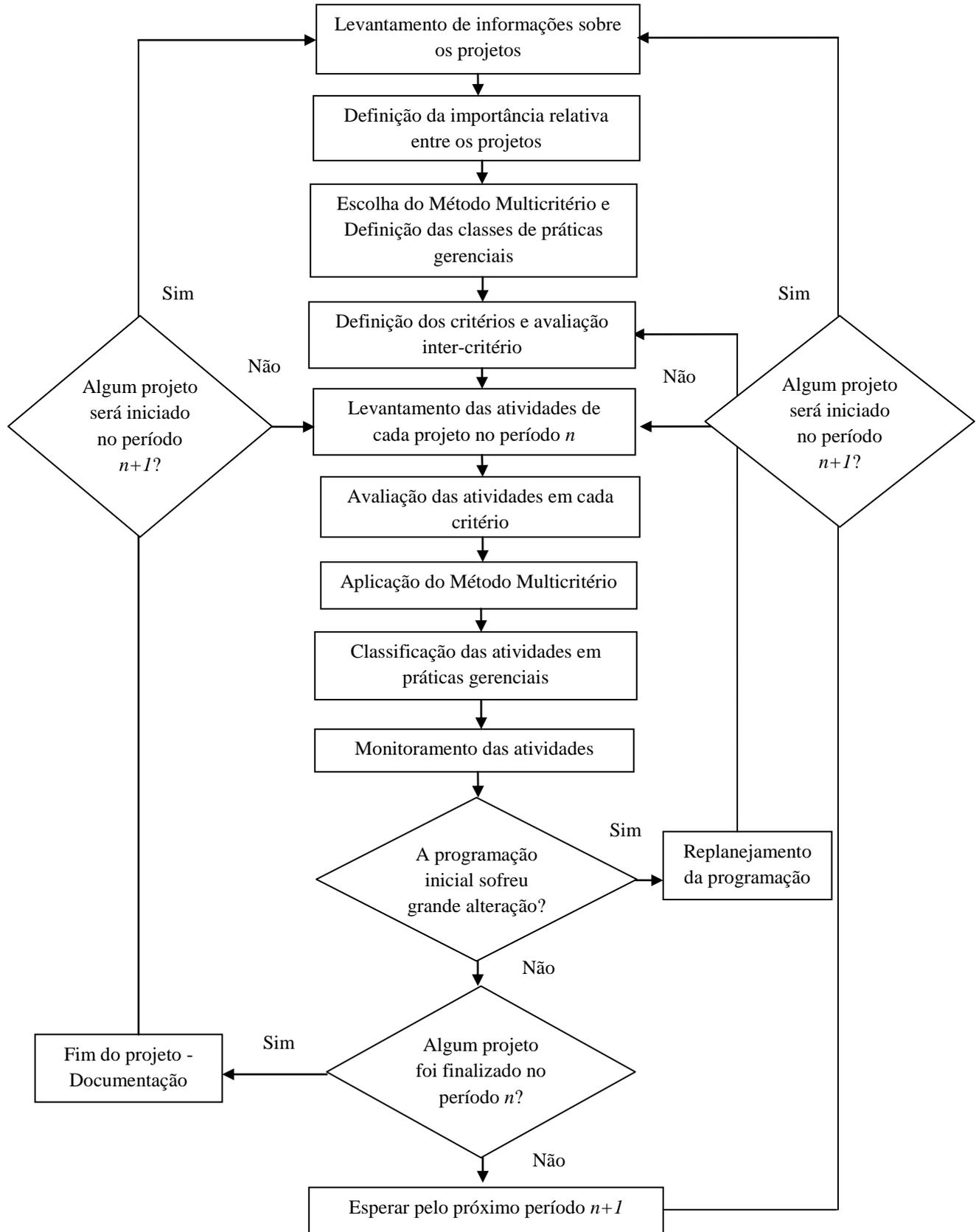


Figura 4.1 – Fluxograma do modelo proposto para priorização de atividades em ambiente de múltiplos projetos

1. Levantamento de Informações sobre os Projetos

O passo inicial para a priorização das atividades consiste no levantamento de informações relevantes para o contexto de múltiplos projetos. Essa etapa está diretamente ligada ao plano estratégico da organização, não fazendo parte do foco do trabalho. Ou seja, será proposta aqui apenas a reunião de informações já estabelecidas anteriormente em uma visão de longo prazo. Tais informações são essenciais para compreender a complexidade do cenário e fornecer base para priorização das atividades. Além de avaliar necessidades e dificuldades de cada projeto específico, essa etapa permite colher informações inter-projetos. Ela abrange a identificação dos atores envolvidos no processo decisório, levantamento dos projetos desempenhados e de importantes aspectos relacionados aos projetos. Dentre os atores deverão ser identificados os gestores de cada um dos projetos, o gerente geral de projetos, os facilitadores, os analistas e demais *stakeholders*. Cada um dos gestores é responsável pela identificação e levantamento das principais informações referentes ao seu projeto. Desse modo, é importante estabelecer um fluxo adequado de informações entre o gestor de múltiplos projetos e os gestores de cada um dos projetos (MOTA et al., 2010).

Algumas informações importantes a serem levantadas são: mobilização de recursos humanos (quantidade e habilidades), materiais necessários para atender aos objetivos do projeto; prazos a serem atendidos; quantificação dos serviços relacionados às atividades do projeto; levantamento das especificações de custos do projeto; informações sobre a demanda do mercado ou clientes relacionados; identificação do ciclo de vida e fase atual; definição do nível de complexidade do projeto (MOTA et al., 2010).

Essa etapa deve ser realizada em períodos mais espaçados, uma vez que envolve atividades do nível estratégico e maior dedicação da alta gerência. Ou seja, o levantamento das informações dos projetos só deverá ser realizado quando da inclusão de um novo projeto dentro do ambiente de múltiplos projetos.

2. Definição da Importância Relativa entre Projetos

Uma das principais informações no contexto de múltiplos projetos é a importância relativa de cada projeto. A presente etapa visa, justamente, incorporar ao modelo essa informação. Cabe ao decisor quantificar tal importância de acordo com sua estrutura de preferências. Este critério irá compor, juntamente com os critérios a serem definidos na etapa

seguinte, o conjunto de critérios do processo decisório e todas as atividades pertencentes a um mesmo projeto receberão um mesmo valor nesta avaliação (MOTA et al., 2010).

A priorização dos projetos pode ser obtida por meio da avaliação global direta. O analista irá solicitar ao gestor de múltiplos projetos a ordenação dos projetos de acordo com o julgamento de importância atribuída e, em seguida, ele deverá atribuir um valor de 0 a 100 para cada um dos projetos. O valor conferido representará o peso do projeto em relação aos demais e deverá ser normalizado posteriormente (MOTA et al., 2010).

Assim como a etapa anterior, a definição da importância relativa entre projetos pertence ao grupo de avaliações estratégicas. Portanto, a recorrência da presente etapa só deverá ser realizada quando da inclusão de um novo projeto na cesta.

3. Escolha do Método Multicritério e Definição das Classes de Práticas Gerenciais

A escolha do método multicritério é uma etapa fundamental do processo decisório. Existem muitas possibilidades que levam a modelos distintos, sendo importante considerar um filtro de escolha e uma sistemática de construção do modelo. Almeida (2010) enumera alguns fatores que devem ser observados para a escolha do método: o problema analisado; o contexto considerado; as informações disponíveis e seu grau de precisão; a racionalidade requerida (compensatória ou não-compensatória); a estrutura de preferências do decisor; e a problemática.

Segundo Al-Shemmeri *et. al.* (1996) muito cuidado deve ser tomado na seleção do método apropriado para uma aplicação específica. Geralmente, não todos os métodos geram soluções similares. Portanto, uma análise sistemática do processo de decisão é necessária para gerar soluções ótimas ou sub-ótimas a um problema específico. Os autores propõem a utilização de modelos de decisão para seleção do método multicritério.

Para a o problema de decisão em questão, a problemática de referência utilizada será a de classificação. Ou seja, a saída da aplicação do método multicritério deverá ser a classificação das alternativas nas classes de gestão previamente definidas.

A classificação das atividades em grupos de práticas gerenciais, por sua vez, permite que o gestor concentre sua atenção nas principais tarefas da rede de projetos, de acordo com as necessidades de gerenciamento. A priorização é fundamental visto que o ambiente de múltiplos projetos envolve complexidade, incertezas e um grande número de atividades. Atividades mais complexas requerem alto esforço e um acompanhamento estreito pelo gestor.

Atividades rotineiras e simples, em contrapartida, podem ser delegadas a recursos humanos menos especializados ou, até mesmo, podem ser terceirizadas (MOTA et al., 2009).

A priorização proposta por Mota et al. (2009) consiste em três classes de práticas gerenciais:

- Classe 1: Grupo de atividades que podem seguir procedimentos padrões de gerenciamento e, desse modo, podem ser delegadas a subordinados que operacionalizem o projeto de acordo com o programado. Sistemas de informação podem ser utilizados para aumentar a eficiência do monitoramento. Como exemplo, tem-se as atividades de pedido de material.
- Classe 2: Grupo de atividades que podem ser delegadas a subordinados, porém com um rígido monitoramento pelo gestor. Podem ser gerenciadas por meio de métodos mais simples.
- Classe 3: Grupo de atividades que requerem um acompanhamento de gestão mais rígido. Envolve atividades mais complexas tanto tecnicamente como administrativamente. Em certos casos, o gestor prefere executar a atividade. Como exemplo tem-se as atividades relacionadas à subcontratação, em que a probabilidade de atraso é bastante elevada.

A classificação das atividades em tipos de práticas de gestão depende do contexto do problema de decisão e deve ser direcionada pelos objetivos do projeto.

4. Definição dos Critérios e Avaliação Inter-Critério

O conjunto de critérios deverá estar relacionado ao sistema de valores do decisor e aos objetivos da cesta de projetos. Eles serão empregados para avaliação das alternativas e terão influência direta no processo de priorização. Como visto anteriormente, os critérios podem ser quantitativos ou qualitativos. Para os quantitativos, a avaliação de cada alternativa é realizada de forma direta, para os qualitativos, devem ser definidos níveis de escalas ou de preferências associados a esses critérios que permitam a realização de avaliações subjetivas (MOTA et al., 2010).

Várias metodologias podem ser utilizadas para suportar a definição do conjunto de critérios do problema de decisão. Entre elas: diagramas de causa e efeito, uso de mapas cognitivos e construção de árvores de valor. Entre os critérios pode-se enumerar: custo, duração do projeto, quantidade de atividades sucessoras, folga, uso de novas tecnologias, uso de equipamentos, quantidade de recursos humanos, habilidades do pessoal requeridas,

mobilização de recursos materiais, experiência na execução de atividades, segurança e variabilidade (MOTA et al., 2009).

Definidos os critérios, deve-se conferir a avaliação inter-critério. De acordo com a racionalidade requerida pelo decisor, estabelecida durante o processo de escolha do método, tal avaliação será realizada por meio de pesos ou constantes de escala estabelecidos para cada critério. A metodologia de atribuição dos pesos pelo decisor será resultante de uma comparação de importância de um critério em relação aos demais. O decisor deverá ordenar os critérios de modo crescente e atribuir os pesos, entre 0 e 100 a cada um dos critérios. Em seguida realiza-se a normalização dos pesos. Escolhido o método, devem ser definidos os parâmetros requeridos pelo mesmo e, então, aplicado de fato (MOTA et al., 2010).

5. Levantamento das Atividades de Cada Projeto no Período

Nessa etapa será identificado o conjunto potencial de alternativas que constituirá o problema de decisão. Tais alternativas correspondem às diversas atividades que compõem cada um dos projetos e que deverão ser executadas no período em questão. O conjunto de alternativas deverá ser classificado em grupos de práticas de gestão estabelecidos previamente.

Para o levantamento das atividades, o gestor de cada projeto deverá dispor da correspondente EAP (estrutura analítica do projetos). Por meio dessa ferramenta, o escopo do projeto poderá ser visualizado e os pacotes de trabalho identificados. O inter-relacionamento entre as atividades pode ser construído por meio da técnica PERT (program evaluation review technique), que permite a determinação da rede do conjunto de atividades via utilização de julgamentos probabilísticos do tempo. A rede é composta por uma seqüência lógica de relacionamentos e permite identificar o caminho crítico do projeto, bem como as atividades que podem ser realizadas paralelamente (MOTA et al. 2010).

As atividades pertencentes ao caminho crítico deverão ser imediatamente priorizadas visto que o seu atraso comprometerá a entrega do projeto. Portanto, as atividades críticas farão automaticamente parte da classe das atividades que irão necessitar um controle mais rígido. As demais atividades, que apresentam folga, farão parte do conjunto de alternativas do processo decisório (MIRANDA et al., 2003).

6. Avaliação das Atividades em Cada Critério

Com base nas informações coletadas nas etapas anteriores, as alternativas serão avaliadas em cada um dos critérios definidos. A avaliação intra-critério está baseada no sistema de valores do decisor e irá determinar a *performance* das alternativas em relação aos critérios. A depender do critério, a análise será realizada de forma objetiva ou subjetiva.

A avaliação intra-critério permite representar o problema através de uma matriz de conseqüências. A também chamada matriz de avaliações apresenta-se em formato de uma tabela e serve como base para os dados de entrada na maioria dos métodos. Na tabela 4.1 observa-se a matriz das n alternativas (A_n) *versus* os m critérios (C_m) definidos, conferindo $n \times m$ avaliações ($f_m(A_n)$) (ALMEIDA, 2010).

Tabela 4.1 – Matriz de avaliação das alternativas em função dos critérios

Alternativas	Critérios					
	Cr ₁	Cr ₂	Cr ₃	...	...	Cr _k
A ₁	f ₁ (A ₁)	f ₂ (A ₁)	f ₃ (A ₁)	...	...	f _m (A ₁)
A ₂	f ₁ (A ₂)	f ₂ (A ₂)	f ₃ (A ₂)	...	...	f _m (A ₂)
A ₃	f ₁ (A ₃)	f ₂ (A ₃)	f ₃ (A ₃)	...	...	f _m (A ₃)
...
A _i	f ₁ (A _i)	f ₂ (A _i)	f ₃ (A _i)	...	...	f _m (A _i)
...
...
A _n	f ₁ (A _n)	f ₂ (A _n)	f ₃ (A _n)	...	...	f _m (A _n)

Fonte: Adaptado de Almeida (2010)

7. Aplicação do Método Multicritério

Escolhido o método multicritério desejado, o mesmo deve ser empregado ao problema de decisão. Nessa etapa definem-se todos os parâmetros de entrada do modelo e agrega-se a matriz de avaliação das alternativas e as avaliações inter-critério estabelecidas anteriormente. O método pode ser aplicado por meio de softwares já desenvolvidos e disponíveis no mercado ou por meio de planilhas e programas próprios.

8. Classificação das Atividades em Práticas Gerenciais

Esta etapa consiste de fato na composição das classes de atividades do período tratado. Aliado ao resultado conferido pelo modelo multicritério selecionado, as atividades críticas deverão formalizar o processo de priorização e compor a classe de maior prioridade. Deve ser

ressaltado que o resultado conferido pelo modelo é uma sugestão, cabendo ao decisor acatá-la ou não.

A classificação das alternativas define implicitamente a priorização dos projetos, uma vez que o modelo proposto incorpora a importância relativa entre os projetos em um dos critérios avaliados (MOTA *et al.*, 2010).

9. Acompanhamento das atividades, Reprogramações e Periodicidade

Priorizadas as atividades, as mesmas devem ser monitoradas para garantir que serão realizadas de acordo com o planejado. Por estarem imersas em um ambiente dinâmico e envolver incertezas, as atividades frequentemente necessitam de mais recursos ou extrapolam prazos. Desse modo, durante o monitoramento deve-se verificar se houve uma grande alteração da programação inicial, de forma que necessite replanejamentos. Em caso afirmativo, o conjunto de critérios e a avaliação inter-critério deverão ser revisados baseado nos objetivos do projeto. Caso contrário, o monitoramento deverá ser prosseguido.

Para passar para o próximo período de programação, deve-se verificar se no período corrente algum dos projetos tomados simultaneamente atingiu sua fase de finalização. Em caso negativo, o monitoramento deverá ser executado até o próximo período de programação. Em caso positivo, o mesmo deve cumprir com todas as etapas de entrega do projeto e ser devidamente documentado.

Outro ponto importante a ser verificado antes de iniciar o próximo ciclo de programações, é verificar se algum novo projeto será iniciado no período sucessor. Se nenhum projeto for incluído no portfólio do período, a metodologia deve ser iniciada com o levantamento das atividades a serem executadas nesse intervalo. As etapas anteriores (levantamento das informações dos projetos, definição da importância relativa entre os projetos e definição dos critérios e avaliação intra-critério) não devem ser executadas novamente, pois não houve modificações a nível estratégico. Desse modo, a programação dos períodos torna-se uma operação rotineira e cujos procedimentos são sistemáticos, havendo a possibilidade de serem controlados por um sistema de informação. Contudo, quando há a inclusão de um novo projeto, a metodologia deve ser aplicada desde a etapa inicial, ou seja, do levantamento das informações dos projetos.

O processo decisório de priorização de atividades deve ser aplicado em intervalos regulares (semanalmente, mensalmente, outros) e as únicas atividades analisadas são aquelas pertencentes ao período específico. Ou seja, o modelo deve ser aplicado periodicamente.

Diante do caráter incerto do processo de planejamento, a reprogramação pode ser realizada por completo ou em partes. A aplicação do modelo deve ser contínua. Não há finalização do processo, uma vez que novos projetos entram e saem continuamente do portfólio. Apenas no caso de empreendimentos ou eventos temporários, existe uma finalização prevista do procedimento.

5. APLICAÇÃO NUMÉRICA

Para fins ilustrativos da sistemática proposta, será apresentada uma simulação da aplicação numérica baseada em dados obtidos por meio do trabalho de Mota et al. (2010). Tais dados foram coletados em uma empresa de grande porte do setor de TI no Brasil, que opera, simultaneamente, com diversos projetos de desenvolvimento de software e soluções inovadoras de processos administrativos e operacionais de clientes. O estudo realizado baseia-se em um caso real cujos valores numéricos são bastante próximos da realidade. Durante o período em que foi realizada a pesquisa, a empresa estudada (codificada por Empresa I) lidava com 14 projetos de TI em paralelo, porém, para fins de ilustração serão apresentados apenas três projetos. A priorização que será apresentada nesse texto é referente a apenas um período, o mês A, desse modo, o modelo proposto não será aplicado de forma recorrente.

A seguir, a aplicação do modelo proposto será apresentada de acordo com suas etapas especificadas anteriormente.

5.1 Construção do Modelo

1. Levantamento das informações dos projetos

Trata-se de um cenário com três projetos de TI, detalhados na tabela 5.1. Fazem parte desse contexto, os seguintes atores: gerente geral de projetos e os gestores de cada um dos projetos. O decisor é o gestor de múltiplos projetos da Empresa I, codificado por Decisor D, único responsável formalmente pela classificação definida no processo decisório. Os *stakeholders* envolvidos são os gestores de cada um dos três projetos levantados pela pesquisa. Os gestores foram codificados por G_{p1} , G_{p2} , G_{p3} , representando, respectivamente, os gestores dos Projetos 1, 2 e 3.

Tabela 5.1 - Descrição dos projetos de TI

Projeto	Descrição
Projeto P_1	Projeto de desenvolvimento e implementação de um sistema de entrada manual de dados em página HTML. O projeto possuía a finalidade de disponibilizar ao cliente uma interface de entrada de dados, de forma manual, a partir do aprimoramento das necessidades do cliente e identificação das funcionalidades desejadas. O gestor do Projeto P_1 foi codificado por Gp_1
Projeto P_2	Projeto de desenvolvimento de software para download de arquivos de vídeo via internet. Este projeto tinha como finalidade permitir ao cliente sua implementação para comercialização de arquivos de vídeo via internet, em loja virtual, através de download realizado pelos usuários. O gestor do Projeto P_2 foi codificado por Gp_2
Projeto P_3	Projeto de desenvolvimento de um sistema embarcado de software para bilhetagem eletrônica para ônibus urbanos envolvendo componentes de hardware e software. Este projeto apresentava a finalidade de disponibilizar ao cliente um sistema de bilhetagem eletrônica a ser instalada em ônibus urbanos atendendo as funcionalidades desejadas, dentre elas: leitura de cartões magnéticos, débito nos cartões magnéticos dos valores das passagens e envio de informações para a central do cliente. O gestor do Projeto P_3 foi codificado por Gp_3

Fonte: Mota et al. (2010)

O levantamento das informações dos projetos ficou a cargo de cada um dos gerentes dos projetos individuais. Por meio de um formulário levantaram-se os dados sobre recursos humanos mobilizados, tecnologia utilizada, prazo para entrega ao cliente e custo total do projeto. Além disso, aplicou-se o Método *Brainstorming* entre o Decisor D, o Gp_1 , Gp_2 e o Gp_3 com a finalidade de esclarecer as exigências dos projetos e o nível de complexidade de cada um deles com relação à prioridade estratégica do projeto. Os dados coletados estão listados na tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Levantamento das informações sobre os projetos durante a fase de identificação do cenário

Item	Projeto P	Descrição
Mobilização de recursos humanos	P_1	Cargos:1 Gerente sênior; 1 Gerente de projeto; 1 Analistas de sistemas Sênior; 1 Analistas de sistemas júnior; 1 Programador sênior; 2 Programadores júnior; 2 Estagiários
	P_2	Cargos:1 Gerente sênior; 1 Gerente de projeto; 1 Líder de projeto; 1 Analista de sistemas sênior; 4 Analistas de sistemas júnior; 3 Programadores sênior; 2 Programadores pleno; 2 programadores júnior; 4 Estagiários
	P_3	Cargos:1 Gerente sênior; 1 Gerente de projeto; 1 Analista de sistemas Sênior; 1 Analista de sistemas júnior; 1 Programador sênior; 1 Programador júnior; 2 Estagiários
Mobilização de tecnologia	P_1	Desenvolvimento em JavaEE; Sistema Operacional Windows; aplicativo JBuilder; outras ferramentas Web Design
	P_2	Microsoft Visual Studio 2003; SVN; Desenvolvimento em C#; Banco de Dados Oracle; Sistema Operacional Windows 2000
	P_3	Tecnologia para desenvolvimento de sistemas embarcados; Desenvolvimento em C++; Linux; USB; Microcontroladores; GPRS
Prazo total para execução do escopo do projeto (meses)	P_1	06 meses
	P_2	09 meses
	P_3	04 meses
Custo total do projeto (R\$)	P_1	R\$ 60.000,00
	P_2	R\$ 100.000,00
	P_3	R\$ 250.000,00
Fase do Ciclo de Vida do Projeto (concepção, elaboração, construção e transição)	P_1	Elaboração
	P_2	Construção
	P_3	Transição
Nível de complexidade do Projeto (Rankeamento)	P_1	3°
	P_2	2°
	P_3	1°

Fonte: Adaptado de Motal et al. (2010)

2. Definição da Importância Relativa entre os Projetos

Como dito anteriormente, esse etapa incorpora a visão estratégica da empresa com relação à priorização dos projetos em si e não das atividades. Tal importância será inserida

como um dos critérios de avaliação das alternativas. Para avaliar a importância relativa entre os projetos, de acordo com as preferências do Decisor D, foi utilizada a metodologia de avaliação global direta. O gerente geral de projetos ordenou os projetos P_1 , P_2 e P_3 de forma crescente com relação ao seu julgamento de importância relativa entre eles. Em seguida, atribuiu valores de 0 a 100, que foram normalizados (MOTA et al., 2010). A tabela 5.3 apresenta os pesos normalizados obtidos por meio da metodologia aplicada.

Tabela 5.3 – Pesos atribuídos pelo Decisor D aos projetos: Importância relativa entre os projetos

Projeto	Peso
P_1	0,25
P_2	0,33
P_3	0,42

3. Escolha do Método Multicritério e Definição das Classes de Práticas Gerenciais

No gerenciamento de múltiplos projetos, o gerente depara-se com o desafio de alocação de recursos, priorização e monitoramento. Tais decisões são complexas e envolvem diversas alternativas de ação e critérios de avaliação, muitas vezes conflitantes. Portanto, de acordo com Halouani et. al. (2009), a Decisão Multicritério pode ser utilizada para resolução dos problemas de gestão de múltiplos projetos com apoio dos métodos que foram desenvolvidos para lidar com tal fim.

Para a escolha do método multicritério, uma série de filtros de seleção foi aplicada. Em primeiro lugar, procurou-se compreender o problema analisado. Trata-se de um problema de decisão que tem por objetivo a priorização de atividades que constituem um ambiente de múltiplos projetos. De acordo com as preferências do decisor, pretende-se classificar as atividades em grupos, previamente determinados, de práticas gerenciais. A priorização envolve um conjunto finito de alternativas discretas que deve ser avaliado diante de múltiplos e, por vezes, conflituosos critérios. Ressalta-se que o processo decisório envolve apenas um tomador de decisão, o gerente de múltiplos projetos.

Segundo o trabalho de Mota et al. (2010), o decisor demonstrou-se capacitado a estabelecer relações de preferência e indiferença para todos os pares de alternativas. O mesmo foi capaz de conferir importância relativa entre os critérios e deseja priorizar atividades cujo desempenho seja balanceado com relação aos múltiplos critérios avaliados. Desse modo, o tipo de racionalidade requerido é a não-compensatória, ou seja, não se deve priorizar critérios

cuja baixa *performance* possa ser compensada por uma melhor *performance* em outro critério considerado.

Outro filtro estabelecido é o tipo de problemática de referência. Para o problema tratado deseja-se priorizar as atividades pelo estabelecimento de uma classificação que permita a execução de todas as atividades requeridas pelos projetos de modo a respeitar a limitação dos recursos. Portanto, a problemática de classificação ajusta-se para esse processo de decisão.

Diante do exposto, foram selecionados os métodos ELECTRE TRI, ELECTRE TRI-C e PROMETHEE TRI. Os três métodos fazem parte da família de métodos multicritério da Escola Francesa. São métodos de sobreclassificação que utilizam a problemática classificatória, cujas classes são definidas *a priori*. Para os mesmos, considera-se uma estrutura de preferências de pseudo-critério, cuja escala utilizada é a ordinal.

Dentre as opções selecionadas, o método ELECTRE TRI foi eliminado dada a dificuldade em estabelecer limites superiores e inferiores para cada uma das categorias avaliadas. O decisor, nesse caso, possui uma idéia nebulosa da fronteira entre duas categorias consecutivas. Optou-se por fim, trabalhar com o método ELECTRE TRI-C devido a sua robustez quando comparado ao PROMETHEE. O método ELECTRE TRI tem sido aplicado em diversos trabalhos com sucesso e desse modo, comprovada sua eficácia.

As classes do ELECTRE TRI-C foram definidas de acordo com a categorização em práticas gerenciais proposta por Mota et al. (2009), detalhado anteriormente.

4. Definição dos Critérios e Avaliação Inter-Critério

Os critérios foram definidos pelo tomador de decisão de acordo com a respectiva influência na priorização das atividades e estão apresentados abaixo:

- *Custo*: Corresponde ao custo ou valor monetário investido para a execução da atividade. É um critério quantitativo, cuja unidade de medida é a moeda corrente (Reais/R\$) e foi mensurado a partir do Orçamento – Base para cada um dos projetos.
- *Duração*: Consiste no tempo total estimado para a realização da atividade. Esse é um critério quantitativo, sua unidade de medida é em dias úteis (d) e sua mensuração foi obtida de acordo com a programação realizada para as atividades através da rede PERT.

- *Folga*: Corresponde a folga da atividade, ou seja, o tempo disponível à realização da atividade além da sua duração prevista, sem proporcionar atraso no projeto ao qual pertence. É um critério quantitativo, sua unidade de medida é em dias úteis (d) e foi mensurável a partir da rede PERT.
- *Mobilização de recursos humanos*: Esse critério reflete o nível de exigência de recursos humanos para a realização da atividade, quanto à diversidade de especialização desses recursos. Os níveis de preferência definidos para este critério qualitativo estão apresentados na tabela 5.4 abaixo.

Tabela 5.4 – Níveis de preferência associados ao critério mobilização de recursos humanos

Nível de preferência	Descrição
Multi-especializada	A alternativa exige especializações diversificadas para a sua execução, envolvendo a mobilização de mais de um tipo de recurso especializado para desempenhar tarefas exclusivas e imprescindíveis ao alcance das funcionalidades da alternativa.
Especializada	A alternativa necessita da mobilização de um tipo de recurso especializado para a sua execução para desempenhar função específica e primordial ao alcance das funcionalidades da alternativa.
Flexível	A alternativa não exige qualquer tipo de recurso especializado, mas envolve a mobilização de recursos flexíveis, ou seja, recursos qualificados para desempenhar diferentes funções importantes para a execução da alternativa e que não requerem a atuação de especialistas.
Pouco qualificada	A alternativa não exige considerável qualificação dos recursos para a sua execução. São alternativas fáceis de serem desempenhadas, envolvendo a mobilização de recursos pouco qualificados, mas que possuem experiência suficiente para realizá-las.
Sem qualificação	A alternativa não exige qualificação, nem exige experiência dos recursos envolvidos na sua execução.

Fonte: Mota et al. (2010)

- *Mobilização de tecnologia*: Esse critério representa o grau de especialidade da tecnologia mobilizada para a execução da atividade. Os níveis de preferência definidos para o critério qualitativo mobilização de tecnologia estão apresentados na tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Níveis de preferência associados ao critério Mobilização de tecnologia

Nível de preferência	Descrição
Especial	A alternativa requer o emprego de tecnologia “especial”, que consiste em tecnologia de ponta capaz de atender requisitos complexos e avançados. Sua aquisição tem urgência, por ser uma tecnologia com especificações exclusivas e sua aquisição é limitada a disponibilidade do mercado fornecedor.
Específica	A alternativa requer o emprego de tecnologia com funcionalidade específica capaz de atender requisitos específicos solicitados, que refletem complexidade considerável. Trata-se de tecnologia com características exclusivas, porém sua facilidade de aquisição é moderada pela grandeza da sua demanda, por ser comumente empregada no setor de TI para os fins aos quais se emprega. Atenção deve ser direcionada ao prazo estabelecido para o fornecimento desta tecnologia.
Flexível	A alternativa necessita do emprego de tecnologia flexível, que consiste na tecnologia que não é empregada para atender uma funcionalidade específica, mas diferentes requisitos comumente solicitados na execução de atividades. Trata-se de tecnologia de fácil aquisição e o seu fornecimento é facilmente gerenciável.
Suporte	A alternativa solicita apenas a mobilização de tecnologias de suporte. Constituem tecnologias básicas que são empregadas para proporcionar suporte à realização da atividade e consistem na principal interface entre o usuário e o hardware utilizado para a execução da atividade, tal como o sistema operacional. Mínimos ou quase nulos são os problemas de aquisição destas tecnologias.
Nenhuma	A alternativa não requer a mobilização de tecnologia.

Fonte: Mota et al. (2010)

- *Risco*: Esse critério refere-se ao risco que a atividade possui de apresentar problemas no alcance dos seus objetivos. A classificação foi obtida montando uma matriz de probabilidade e impacto subjetiva, de acordo com a proposta pelo PMI (2004). Portanto, ao categorizar, informações são perdidas, mas como tal avaliação é subjetiva e imprecisa a perda não se torna relevante para o problema. O nível de preferência definido para o critério qualitativo risco está apresentado na tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Níveis de preferência associados ao critério Risco

Nível de preferência	Descrição
Muito alto	Alternativa que apresenta um percentual de riscos associados à ocorrência de problemas, ao longo de sua execução, superior a 50%.
Alto	Alternativa que apresenta um percentual de riscos associados à ocorrência de problemas, ao longo de sua execução, entre 50% e 25%.

Médio	Alternativa que apresenta um percentual de riscos associados à ocorrência de problemas, ao longo de sua execução, entre 24,9% e 12,5%.
Baixo	Alternativa que apresenta um percentual de riscos associados à ocorrência de problemas, ao longo de sua execução, entre 12,4% e 4%.
Desprezível	Alternativa que apresenta um percentual de riscos associados à ocorrência de problemas, ao longo de sua execução, inferior a 4%.

Fonte: Mota et al. (2010)

- *Importância relativa entre os projetos:* Esse critério reflete a importância de cada um dos projetos em relação aos demais projetos no cenário pesquisado. O levantamento de tal importância foi realizado na etapa anterior e será incorporado como um critério de avaliação das atividades. Como visto, os pesos atribuídos aos projetos P_1 , P_2 e P_3 foram respectivamente: 0,25; 0,33; 0,42. Na avaliação das alternativas em relação a esse critério, todas as atividades pertencentes a um mesmo projeto receberão um mesmo valor nesta avaliação, que corresponde ao peso normalizado atribuído ao projeto.

Devido ao caráter não-compensatório do ELECTRE TRI-C, devem ser avaliados pesos para os múltiplos critérios que irão representar a avaliação inter-critério do modelo. A informação inter-critério foi definida através de uma metodologia de atribuição de pesos aos critérios, resultante de uma comparação de importância. Nessa metodologia solicitou-se ao gestor de múltiplos projetos ordenar os critérios em ordem crescente, de forma que os critérios mais importantes obtivessem melhor posição. Em seguida, o decisor atribuiu pesos a cada um dos critérios em uma escala de 0 a 100, cujos valores foram normalizados e estão apresentados na tabela 5.7 abaixo.

Tabela 5.7 – Informação inter-critério: Pesos

Critério (g_i)	Peso (w_i)
g_1 - Custo	0,25
g_2 - Duração	0,15
g_3 - Folga	0,05
g_4 - RH	0,15
g_5 - Tecnologia	0,15
g_6 - Risco	0,05
g_7 - Importância	0,2

5. Levantamento das Atividades de cada Projeto

Por meio da análise da EAP e da rede PERT, os gestores de cada um dos projetos realizaram o levantamento das atividades do período do mês A. Na tabela 5.8, a seguir, apresentam-se as atividades de cada projeto, sua descrição e a informação referente à pertinência ou não ao caminho crítico.

Tabela 5.8 - Levantamento das atividades dos projetos P1, P2 e P3 a serem executadas no mês A

Projeto	Atividade	Descrição	Caminho Crítico
Projeto P ₁	Elaboração da Especificação Funcional	Elaboração de especificações dos “Casos de Uso” das funcionalidades identificadas para o sistema	S
	Definição e melhoria das telas do protótipo HTML	Definição da identidade visual das páginas web e aperfeiçoamento do protótipo HTML com as funcionalidades identificadas	N
	Elaboração do Documento de Arquitetura	Elaboração do Documento de Arquitetura do sistema, identificando os principais módulos, interfaces e tecnologias	N
Projeto P ₂	Implementação de páginas/interfaces	Desenvolvimento de interfaces na web para acesso às funcionalidades	S
	Customização do módulo de segurança	Customização do módulo responsável por atribuir a proteção ao sistema	N
	Customização do módulo de Download do conteúdo	Customização do módulo responsável por gerenciar os downloads realizados	N
	Customização de Plugins WMP	Customização do módulo responsável por permitir ao usuário a visualização do arquivo no <i>Windows Media Player</i>	N
Projeto P ₃	Testes de alimentação do SD Card	Verificação da alimentação de arquivos de dados no principal dispositivo de armazenamento utilizado no sistema	S
	Análise do Sistema de Arquivos do SD Card	Chechagem da lógica de persistência no SD Card, eliminando as possibilidades de corromper dados do sistema e perda de informações em arquivos de dados	N
	Testes de transmissão do sinal GPRS utilizando antena repetidora	Verificação e aperfeiçoamento da qualidade da comunicação GPRS com e sem antena repetidora, na descarga diária do equipamento	N

Fonte: Motal et al. (2010)

As atividades pertencentes aos caminhos críticos do projeto foram imediatamente priorizadas, compondo o grupo de atividades que merece atenção especial do gestor. As demais atividades constituíram o conjunto de alternativas potenciais do processo decisório de priorização de atividades ao longo do mês A e estão codificadas na tabela 5.9 abaixo.

Tabela 5.9 – Alternativas potenciais do processo decisório de priorização de projetos e atividades

Codificação	Atividade	Projeto
A ₁	Definição e melhoria das telas do protótipo HTML	Projeto P ₁
A ₂	Elaboração do Documento de Arquitetura	Projeto P ₁
A ₃	Customização do módulo de segurança	Projeto P ₂
A ₄	Customização do módulo de Download do conteúdo	Projeto P ₂
A ₅	Customização de Plugins WMP	Projeto P ₂
A ₆	Análise do Sistema de Arquivos do SD Card	Projeto P ₃
A ₇	Testes de transmissão do sinal GPRS utilizando antena repetidora	Projeto P ₃

6. Avaliação das Atividades em cada um dos Critérios

Na etapa de avaliação das alternativas, o Decisor D determinou a *performance* de cada uma das alternativas em cada um dos critérios de acordo com seu sistema de valores. A matriz de avaliação está exposta na tabela 5.10.

Tabela 5.10 - Matriz de avaliação das alternativas versus critérios

Alternativa	Critério						
	g₁ Custo	g₂ Duração	g₃ Folga	g₄ RH	g₅ Tecnologia	g₆ Risco	g₇ Importância
A₁	7.500,00	8	37	0,75	0,75	0,25	0,25
A₂	12.600,00	15	12	1,00	0,50	0,25	0,25
A₃	18.350,00	7	27	0,75	1,00	0,50	0,33
A₄	24.550,00	10	21	1,00	1,00	0,75	0,33
A₅	14.300,00	5	45	0,50	0,75	0,25	0,33
A₆	27.800,00	14	16	1,00	0,75	0,75	0,42
A₇	35.000,00	21	11	1,00	1,00	1,00	0,42

Para inserção dos dados na matriz, os critérios qualitativos sofreram uma conversão da escala de comparação verbal para escala numérica, como demonstra a tabela 5.11. Tal escala

numérica é utilizada para fins computacionais e não interfere na modelagem, dado que o critério analisado é usual e a escala utilizada é ordinal.

Tabela 5.11 – Conversão dos critérios qualitativos da escala verbal para a escala numérica

Critério	Escala Verbal				
	Multi-especializada	Especializada	Flexível	Pouco qualificada	Sem qualificação
Recursos Humanos	Multi-especializada	Especializada	Flexível	Pouco qualificada	Sem qualificação
Tecnologia	Especial	Específica	Flexível	Suporte	Nenhuma
Risco	Muito Alto	Alto	Médio	Baixo	Desprezível
Escala Numérica	1	0,75	0,5	0,25	0

7. Aplicação do Método Multicritério

Antes de iniciar a aplicação do método foi necessário modificar a escala do critério folga (g_3), uma vez que o ELECTRE TRI-C opera apenas com funções de maximização. O tipo de função (maximização ou minimização), por sua vez, foi definido de acordo com as necessidades do decisor. O gestor de múltiplos projetos julgou como prioritárias aquelas atividades que apresentassem maior custo, maior duração, maior risco, maior importância e menor folga, e que requeressem recursos humanos mais capacitados e tecnologia mais avançada. A justificativa para tal escolha é o foco em ações que consumam mais recursos e que possam representar gargalos durante o gerenciamento dos projetos.

Portanto, adotou-se um procedimento de normalização em que a função valor ($v_j(a_i)$) é transformada utilizando a seguinte equação:

$$v'(a_i) = 1/v_j(a_i),$$

em que todos os valores de $v_j(a_i) > 0$. Desse modo mantém-se a cardinalidade para uma escala de razão e a escala gerada possui valores diferentes de (0, 1) (ALMEIDA, 2010). Os valores normalizados estão expostos na tabela 5.12 abaixo.

Tabela 5.12 – Valores normalizados referentes ao critério folga

$v_j(a_i)$	$v'_i(a_i)$
37	0,02702703
12	0,08333333
27	0,03703704
21	0,04761905
45	0,02222222
16	0,0625
11	0,09090909

Escolhido o método e ajustado os critérios a serem minimizados, deverão ser estabelecidos os parâmetros de entrada do modelo. Foram definidos os limiares de preferência (p_j) e indiferença (q_j), que juntamente com os pesos normalizados e com os valores máximos e mínimos da avaliação em cada critério, estão descritos na tabela 5.13 abaixo.

Tabela 5.13 – Parâmetros conferidos aos critérios

Critério (g_j)	Peso (w_j)	Máx	Min	Limiar de preferência (p_j)	Limiar de indiferença (q_j)
g_1 - Custo	0,25	35.000	7.500	3.000	1.500
g_2 - Duração	0,15	21	5	3	1
g_3 - Folga	0,05	0,0909	0,0222	0,03	0,01
g_4 - RH	0,15	1	0,5	0	0
g_5 - Tecnologia	0,15	1	0,75	0	0
g_6 - Risco	0,05	1	0,25	0	0
g_7 - Importância	0,2	0,42	0,25	0	0

Os valores dos limiares de preferência e indiferença para os critérios qualitativos foram considerados iguais a zero, pois não são aplicáveis ao tipo de escala utilizada, a escala verbal. Essa definição equivale a usar critérios verdade ao invés de pseudo-critérios, como é considerado no ELECTRE TRI e TRI-C (MIRANDA e ALMEIDA, 2003).

Optou-se por não utilizar o limite de veto. Matematicamente, a não habilitação do conceito de veto implica em usar um limite de veto extremamente grande, anulando o efeito da discordância e igualando a credibilidade à concordância (COSTA et al., 2007).

Outro parâmetro importante a ser definido é com relação à ação de referência central de cada uma das três classes utilizadas no modelo desenvolvido. A tabela 5.14 traz os valores estabelecidos.

Tabela 5.14 – Ações de referência central

	Critério							
	b_h	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7
	b_0	0	0	0	0	0	0	0
C_1	b_1	10.000	10	0,025	0,25	0,25	0,25	0,25
C_2	b_2	20.000	15	0,050	0,50	0,50	0,50	0,35
C_3	b_3	30.000	20	0,075	0,75	0,75	0,75	0,45
	b_4	40.000	25	1	1,25	1,25	1,25	1

Para o estabelecimento do nível de corte λ , o mesmo deve estar entre valores de 0,5 e 1 e ser, no mínimo, maior do que o maior peso conferido aos critérios. Em uma análise inicial, o nível de corte λ foi fixado em 0,7. Isso significa que pelo menos 70% da família critérios

credenciam a entrada de uma atividade a uma determinada categoria de práticas gerenciais. O gerente, entretanto, pode variar esse valor a sua escolha (BRITO et al., 2010).

Para obtenção da priorização, montou-se uma planilha no programa *Excel* utilizando o algoritmo do ELECTRE TRI-C. Os índices de concordância parcial $c_j(a,b)$ e $c_j(b,a)$ para cada um dos critérios estão expostos no apêndice 1 e 2, respectivamente. A partir de tais índices calculou-se os índices de concordância global $c_j(a,b)$ e $c_j(b,a)$. Como se optou por não utilizar o limite de veto, não é preciso calcular o índice de discordância e, portanto, os índices de credibilidade $\sigma(a,b_h)$ e $\sigma(b_h,a)$, expostos no apêndice 3, passaram a equivaler aos índices de concordância global. Calculou-se também a função seleção $\rho(a,b_h)=\min\{\sigma(a,b_h), \sigma(b_h,a)\}$, também presente no apêndice 4.

De acordo com os valores encontrados, para um nível de corte igual a 0,7, as atividades foram categorizadas nas classes de práticas gerenciais pré-estabelecidas. A figura 5.1 mostra a classificação segundo a regra decrescente do ELECTRE TRI-C e a figura 5.2 mostra a classificação segundo a regra ascendente do mesmo método.

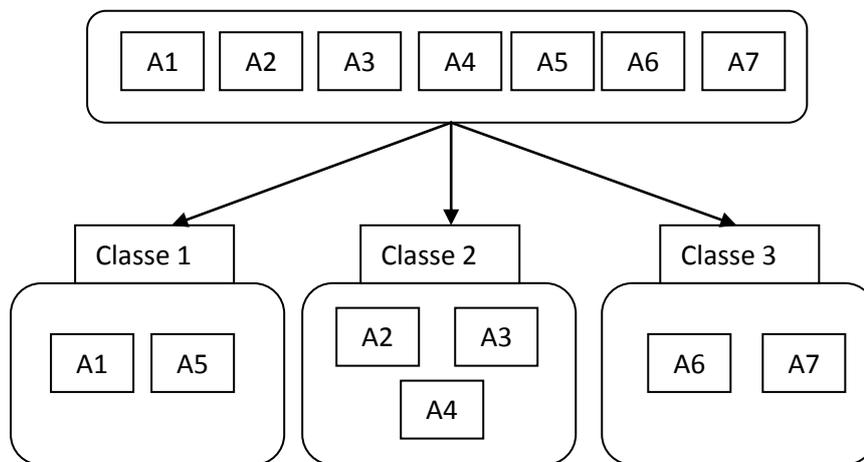


Figura 5.1 – Classificação das atividades segundo a regra decrescente do ELECTRE TRI-C

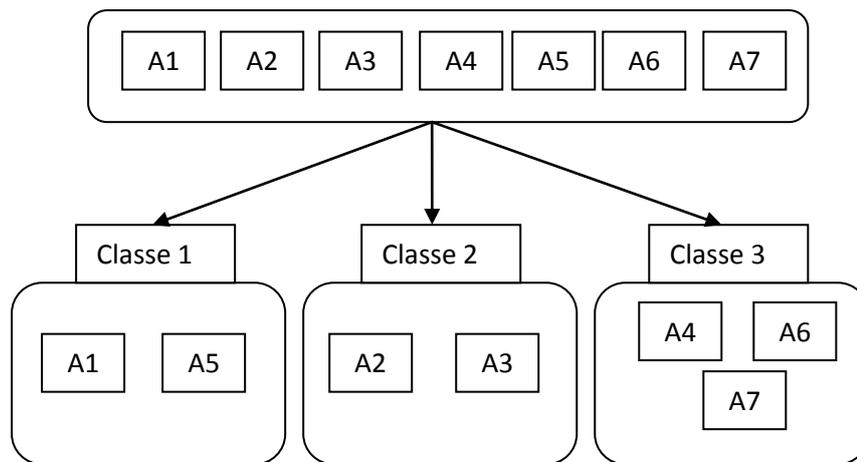


Figura 5.2 – Classificação das atividades segundo a regra ascendente do ELECTRE TRI-C

As atividades A7 e A6 foram classificadas no grupo de gestão 3 e, portanto, devem ser gerenciadas diretamente pelo gerente do projeto P_3 e pelo gerente geral de projetos, requerendo cuidados especiais. Para tais atividades deve haver a priorização dos recursos disponíveis para a execução dos três projetos simultaneamente. Tal priorização é fundamental uma vez que os recursos são escassos e devem ser compartilhados para que seja possível executar com sucesso cada um dos projetos. O resultado já era esperado visto que suas *performances* em todos os critérios foram medianas ou críticas, exigindo uma maior priorização.

As atividades A1 e A5, por sua vez, foram classificadas na categoria 1 e desse modo, podem ser delegadas a subordinados. Tais atividades podem seguir procedimentos padrões de gerenciamento e por envolver processos mais simples e repetitivos, SI's são uma boa opção para aumentar a eficiência do monitoramento. O gestor, nesse caso, deve acompanhar o projeto quanto ao seu cumprimento do orçamento e prazo. Apresentam também um menor grau de priorização de recursos e, desse modo, tanto os recursos humanos, recursos financeiros, equipamentos e tecnologias são disponibilizados para tais atividades com menor grau de urgência. Tal classificação é explicada pelo desempenho pouco crítico nos critérios avaliados quando comparadas a outras atividades.

As atividades A2 e A3 foram classificadas na categoria 2, podendo serem delegadas a subordinados contudo com um rígido monitoramento do gestor. Tais atividades podem ser gerenciadas por meio de métodos mais simples e envolvem conhecimentos mais técnicos. Como se observa no quadro de avaliações das atividades, a *performance* das mesmas é mediana em grande parte dos critérios. A atividade A4, por sua vez, foi classificada em

grupos de gestão distintos de acordo com a regra descendente ou ascendente utilizada. Para a primeira regra a atividade situou-se na classe 2, para a segunda regra, na classe 3. Ela apresenta uma *performance* mediana ou crítica para os critérios avaliados, e tal variação de classe é decorrente dos parâmetros e das ações de referência central estabelecidos. Cabe ao gestor, portanto, escolher de fato a classe de priorização para essa atividade.

A tabela 5.15 apresenta a classificação de todas as atividades levantadas, inclusive as do caminho crítico (CC), nas categorias de práticas de gestão estabelecidas. Tal priorização consiste em uma recomendação de ação, cabendo ao gestor acatá-la ou não.

Tabela 5.15 – Classificação das atividades em práticas de gestão

Projeto	Atividade	Classe de Prática de Gestão
Projeto P_1	Elaboração da Especificação Funcional (CC)	C3
	Definição e melhoria das telas do protótipo HTML (A1)	C1
	Elaboração do Documento de Arquitetura (A2)	C2
Projeto P_2	Implementação de páginas/interfaces (CC)	C3
	Customização do módulo de segurança (A3)	C2
	Customização do módulo de Download do conteúdo (A4)	C2 ou C3
	Customização de Plugins WMP (A5)	C1
Projeto P_3	Testes de alimentação do SD Card (CC)	C3
	Análise do Sistema de Arquivos do SD Card (A6)	C3
	Testes de transmissão do sinal GPRS utilizando antena repetidora (A7)	C3

5.2 Análise dos Resultados

Ao analisar a classificação obtida pela aplicação do método ELECTRE TRI-C pode-se concluir que o resultado está de acordo com o esperado dado que tal método favorece alternativas mais balanceadas. No caso estudado, as Atividades A₇ e A₆, que se situaram na categoria 3, apresentam uma *performance* média ou ótima em todos os critérios.

Para avaliar a consistência dos pesos estabelecidos pelo decisor realizou-se a análise de sensibilidade do problema. Durante a análise de sensibilidade os pesos dos critérios foram variados em intervalos de 12% para verificar a mudança de classes entre as atividades. A tabela 5.16 expõe as variações de classes para cada um dos critérios e em cada uma das regras, descendente (D) e ascendente (A). Como se observa, a variação em um intervalo de 12% para os critérios custo, duração e folga, classificou a atividade A₄, antes pertencente à classe 3, na classe 2, segundo a regra ascendente. Para o critério duração a classificação da

atividade A6 passou de 3 para 2. De acordo com tais mudanças, as duas regras classificaram as atividades em classes exatamente iguais. Portanto, é uma variação de peso significativa e positiva que deve ser avaliada cuidadosamente pelo gestor. Os resultados da variação dos critérios RH, tecnologia, risco e importância podem ser conferidos na tabela 5.16, em que as classes destacadas representam mudança.

Tabela 5.16 – Classificação das atividades em função de incremento de 12% em cada um dos critérios avaliados

Variação de 12%	Cust.		Dur.		Folg.		RH		Tec.		Risc.		Imp.		Sem Incremento	
	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A
A1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1
A2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2
A3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2
A4	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2	3
A5	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
A6	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
A7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Durante a análise de sensibilidade testou-se também a variação do nível de corte. Como resultado observou-se que para o intervalo [0,50; 0,65], a atividade A4 mudou de classe na regra ascendente, de 3 para 2, como observado na tabela 5.17. Para o intervalo de (0,65; 0,70], a classificação manteve-se a mesma. Para o intervalo de (0,70; 0,75] a atividade A1 mudou da categoria 1 para a 3 e a A3 mudou da 2 para a 3, na regra ascendente. A A5 saltou da 1 para a 2 na mesma regra. Por fim, para o intervalo (0,75; 0,80] houve mudança de classe para a atividade A1 e A3 que saltaram para a categoria 3 na regra ascendente. A A5 também mudou de classe nessa mesma regra, de 1 para 2. A atividade A2 mudou de classe da 2 para a 1 na regra descendente. Verifica-se, ainda, que a atividade A7 e A6 classificaram-se na categoria 3 para todos os intervalos testados.

Tabela 5.17 – Classificação das atividades em função da variação do nível de corte

	$\lambda = [0,50; 0,65]$		$\lambda = (0,65; 0,70]$		$\lambda = (0,70; 0,75]$		$\lambda = (0,75; 0,80]$	
	D	A	D	A	D	A	D	A
A1	1	1	1	1	1	3	1	3
A2	2	2	2	2	2	2	1	2
A3	2	2	2	2	2	3	2	3
A4	2	2	2	3	2	3	2	3
A5	1	1	1	1	1	2	1	2
A6	3	3	3	3	3	3	3	3
A7	3	3	3	3	3	3	3	3

Os limites de indiferença e preferência também foram testados. Para os critérios qualitativos modificou-se os limites de preferência de 0 para 0,25. Como resultado obteve-se uma classificação das atividades em categorias iguais nas duas regras do ELECTRE TRI, pois houve uma mudança de categoria da atividade A4, de 3 para 2 na regra ascendente. O segundo teste com relação aos parâmetros foi o acréscimo de mil unidades para o critério custos. Como resultado as atividades permaneceram na mesma classificação. Quando dobrados os parâmetros dos critérios duração e folga também não houve mudança na classificação.

Diante dos resultados obtidos pela variação dos pesos, limites de preferência e indiferença e do nível de corte, pode-se dizer que o modelo é robusto, uma vez que para cada teste a maior parte das atividades permaneceu na mesma categoria. A atividade que sofreu maior variação de classe foi a A4, ora situada na classe 2 e ora na classe 3. Pode-se explicar esse fato pelo desempenho intermediário dessa atividade com relação às ações de referência estabelecidas para ambas as classes. Observa-se também que as ações de referência estabelecidas podem ser ditas consistentes, uma vez que em grande parte dos testes verificou-se um alinhamento entre as duas regras de classificação especificadas pelo ELECTRE TRI-C.

A análise de sensibilidade é importante para verificar inconsistências do modelo e para ilustrar ao decisor possíveis mudanças diante da elicitação dos parâmetros do modelo. Fica a cargo do mesmo optar por mudanças e recorrer ao replanejamento da programação, como sugerido no modelo exposto.

Conclui-se, portanto, que o modelo traz benefícios ao gerenciamento dos projetos, contribuindo para seu sucesso e apoiando o gerente no processo de tomada de decisão. Ressalta-se também que quanto mais informações o decisor reunir do problema e quanto mais conhecimento tiver sobre os projetos, melhores serão os resultados obtidos pela aplicação do

modelo. Dessa forma, ele poderá definir melhor os parâmetros do modelo e obter resultados mais ricos.

É importante observar que a construção do modelo varia bastante de acordo com as particularidades do problema específico. O modelo proposto deve ser utilizado como um guia, cabendo ao gestor adequá-lo ao seu contexto.

6. CONCLUSÕES

O ambiente de múltiplos projetos é caracterizado pela dinamicidade das atividades e decisões. As organizações que operam nesse cenário buscam ampliar sua competitividade por meio da execução simultânea de múltiplos projetos compostos por atividades inter-relacionadas. Tais atividades compartilham recursos escassos da organização. A diferença entre a disponibilidade e a necessidade de recursos entre as atividades acarreta em uma disputa entre os projetos. Portanto, um processo consistente e sistemático de priorização deve ser aplicado, considerando diversos critérios de avaliação, tantas vezes conflituosos.

Contudo, não é o que se observa de fato. As organizações não utilizam metodologias capazes de apoiar o gestor no processo de programação de atividades. Além disso, as metodologias disponíveis para esse contexto limitam os objetivos da priorização e atêm-se a critérios únicos de julgamento.

Em vista de contribuir para um eficaz gerenciamento dos múltiplos projetos e, por conseqüência, da obtenção do sucesso dos projetos, o trabalho apresentou um modelo multicritério de apoio à decisão para priorização de atividades no contexto de múltiplos projetos. Para a construção do modelo proposto, foi realizada uma etapa de contextualização do problema, importante para fundamentação e compreensão dos principais temas envolvidos: gestão de projetos e múltiplos projetos, métodos multicritério de apoio à decisão, métodos ELECTRE TRI e TRI-C. Além de buscar compreender os conceitos centrais, a etapa consistiu na identificação dos principais trabalhos publicados nessa área por meio da realização de uma revisão bibliográfica.

O modelo desenvolvido objetiva classificar as atividades executadas no contexto de múltiplos projetos em três classes de práticas de gestão. Tal classificação buscou apoiar os gestores no processo de priorização por meio do uso de diferentes enfoques e práticas gerencias para cada tipo de atividade. Ou seja, por meio dessa priorização o gerente será capaz de concentrar esforços em aspectos realmente essenciais dos projetos.

Ressalta-se que para que o modelo seja aplicado de forma adequada é fundamental que haja uma interação entre o processo operacional de programação e o planejamento estratégico, uma vez que as informações inicialmente capturadas para o modelo são derivadas de decisões estratégicas da organização. A gerência de múltiplos projetos, juntamente com as equipes de cada projeto, deve manter as informações relativas aos projetos sempre atualizadas de modo a

realimentar o modelo. O caráter periódico e dinâmico do modelo é de grande vantagem, pois permite incorporar mudanças comuns ao ambiente de múltiplos projetos.

O modelo proposto foi testado por meio de uma aplicação numérica baseada em dados reais. Para construção desse problema específico foi utilizado o método ELECTRE TRI-C. Os resultados obtidos com a aplicação desse método foram bastante satisfatórios e o mesmo mostrou-se adequado para o contexto tratado uma vez que apoiou o processo decisório considerando todos os critérios julgados importantes pelo gerente de múltiplos projetos e beneficiou alternativas com *performances* médias. Esse estudo, portanto, tem sua importância, em parte, devido à aplicação de um método bastante recente e desconhecido.

6.1 Limitações

A principal limitação encontrada durante o desenvolvimento do trabalho foi quanto à obtenção de dados para a aplicação numérica. A falta de contato com o real problema estudado prejudicou a compreensão de determinados aspectos, como as preferências do decisor e suas necessidades, o que dificultou o estabelecimento dos parâmetros do modelo. Além disso, tal distância impossibilitou determinadas modificações que poderiam ser positivas para o modelo, como a proposição de uma nova forma de elicitar os pesos dos critérios e projetos, bem como a possibilidade de detectar distintos critérios de avaliação do decisor.

6.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

- Construção de um Sistema de Apoio à Decisão para aplicação do modelo proposto com o objetivo de priorizar atividades por meio da classificação das mesmas em grupos de práticas gerenciais;
- Aplicação do modelo proposto com a utilização de outros métodos de apoio à decisão como o PROMETHEE TRI;
- Adaptação do modelo para o caso de problemas de agrupamento de atividades, ou *clusterização*, em que os grupos (ou *clusters*) são definidos *a posteriori*;
- Adaptação do modelo para outros problemas relacionados ao gerenciamento de múltiplos projetos, como alocação de recursos humanos para equipes de projetos e gerenciamento de riscos em projetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-HARBI, K. M. AL-SUBHI. Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management*, 19: 19-27, 2001.

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

ALMEIDA-DIAS, J.; FIGUEIRA, J. R.; ROY, B. ELECTRE TRI-C: A multiple criteria sorting method based on characteristic reference actions. *European Journal of Operational Research*, 204: 565-580, 2010.

AL-SHEMMERI, T.; AL-KLOUB, B.; PEARMAN, A. Model choice in multicriteria decision aid. *European Journal of Operational Research*, 97: 550-560, 1997.

ANAVI-ISAKOW, S; GOLANY, B. Managing multi-project environments through constant work-in-process. *International Journal of Project Management*, 21: 9–18, 2003.

ARONDEL, C.; GIRARDIN, P. Sorting cropping systems on the basis of their impact on groundwater quality. *European Journal of Operational Research*, 127: 467-482, 2000.

BRANS, J. P. & MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, 24: 228-238, 1986.

BRITO, A. J.; ALMEIDA, A. T.; MOTA, C. M. M. A multicriteria model for risk sorting of natural gas pipelines based on ELECTRE TRI integrating Utility Theory. *European Journal of Operational Research*, 200: 812-821, 2010.

BROWNING, T. R.; YASSINE, A. A. A random generator of resource-constrained multi-project network problems. *Journal of Scheduling* , 13: 2, 143-161, 2010 .

CHEN, J; ASKIN, R. G. Project selection, scheduling and resource allocation with time dependent returns. *European Journal of Operational Research*, 193: 23–34, 2009.

- CHEN, Y.; OKUDAM, G. E.; RILEY, D. R. Decision support for construction method selection in concrete buildings: Prefabrication adoption and optimization. *Automation in Construction*, 19: 665–675, 2010.
- CLELAND, D., I.; IRELAND, L. R. *Gerenciamento de projetos*. Rio de Janeiro, LTC, 2007.
- CLOQUELL-BALLESTER, V. A.; MONTERDE-DÍAZ, R.; SANTAMARINA-SIURANA, M. C. Systematic comparative and sensitivity analyses of additive and outranking techniques for supporting impact significance assessments. *Environmental Impact Assessment Review*, 27: 62–83, 2007.
- COSTA, H. G.; SANTAFÉ JUNIOR, H. P. G.; HADDAD, A. N. Uma contribuição do método ELECTRE TRI à obtenção da classificação de riscos industriais. *Investigação Operacional*, 27: 179-197, 2007.
- COSTA, H. G.; SOARES, A. C.; OLIVEIRA, P. F. Avaliação de transportadoras de materiais perigosos utilizando o método ELECTRE TRI. *Gestão & Produção*, 11: 2, 221-229, 2004.
- DEAN, B. V.; DENZLER, D, R.; WATKINS J. J. Multiproject Staff Scheduling with Variable Resource Constraints. *IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT*, 39: 1, 1992.
- DEY, P. K. Management Project risk using combined analytic hierarchy process and risk map. *Applied soft computing*, 10: 990-1000, 2010.
- EAST, E. W.; LIU, L.Y. Multiproject Planning and Resource Controls for Facility Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132: 12, 2006.
- ELONEN, S; ARTTO, K. A. Problems in managing internal development projects in multi-project environments. *International Journal of Project Management*, 21: 395–402, 2003.
- ENGWALL, M; JERBRANT, A. The resource allocation syndrome: the prime challenge of multi-project management? *International Journal of Project Management*, 21: 403–409, 2003.

GHOMI, S. M. T. F.; ASHJARI, B. A simulation model for multi-project resource allocation. *International of Project Management*, 20: 2, 127 – 130, 2002.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. Tomada de decisões em cenários complexos. São Paulo, Ed. Thomson, 2004.

HALOUANI, N.; CHABCHOUB, H.; MARTEL, J-M. PROMETHEE-MD-2T method for project selection. *European Journal of Operational Research*, 195: 841–849, 2009.

HAO, Q.; SHEN, W.; XUE, Y.; WANG, S. Task network-based project dynamic scheduling and schedule coordination. *Advanced Engineering Informatics*: 2010.

ICHIHARA, J. A. O problema de programação de projetos com restrição de recursos. Em *XXII ENEGEP*, 2002.

IPSILANDIS, P. G.; SAMARAS, G.; MPLANAS, N. A multicriteria satisfaction analysis approach in the assessment of operational programmes. *International Journal of Project Management*, 26: 601–611, 2008.

JOERIN, F.; THERIAULT, M.; MUSY, A. Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment. *International Journal of Geographical Information Science*, 15: 2, 153-174, 2001.

KERZNER, H. *Gestão de Projetos: as melhores práticas*. Porto Alegre, Bookman, 2002.

KERZNER, H. *Applied project management: best practices on implementation*. New York, John Wiley & Sons, inc, 2000.

KRUHER, D.; SCHOLL, A. Managing and modelling general resource transfers in (multi)project scheduling. *OR Spectrum*, 32:369–394: 2010.

LAURAS, M.; MARQUES, G.; GOURC, D. Towards a multi-dimensional project Performance Measurement System. *Decision Support Systems*, 48: 342–353, 2010.

LOVA, A.; MAROTO, C.; TORMOS, P. A multicriteria heuristic method to improve resource allocation in multiproject scheduling. *European Journal of Operational Research*, 127: 408-424, 2000.

LOVA, A.; TORMOS, P.; CERVANTES, M.; BARBER, F. An efficient hybrid genetic algorithm for scheduling projects with resource constraints and multiple execution modes. *Int. J. Production Economics*, 117: 302–316, 2009.

MADLENER, R.; ANTUNES, C. H.; DIAS, L. C. Assessing the performance of biogas plants with multi-criteria and data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 197: 1084–1094, 2009.

MAHDI, I. M.; ALRESHAID, K. Decision support system for selecting the proper project delivery method using analytical hierarchy process (AHP). *International Journal of Project Management*, 23: 564-572, 2005.

MAVROTAS, G.; DIAKOULAKI, D.; CAPROS, P. Combined MCDA–IP Approach for Project Selection in the Electricity Market. *Annals of Operations Research*, 120: 159–170, 2003.

MERAD, M. M.; VERDEL, T.; ROY, B.; KOUNIALI, S. Use of multi-criteria decision-aids for risk zoning and management of large area subjected to mining-induced hazards. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 19: 125–138, 2004.

MIRANDA, C. M. G.; ALMEIDA, A. T. Avaliação de pós-graduação com método ELECTRE TRI – o caso de engenharias III da capes. *Produção*, 13: 3, 2003.

MIRANDA, C. M. G.; FERREIRA, R. J. P.; GUSMÃO, A. P. H. & ALMEIDA, A. T. Sistema de apoio a decisão para seleção de atividades críticas no gerenciamento de projetos com avaliação multicritério. *Revista Produção Online*, 3: 4, 2003.

MOTA C. M. M.; ALMEIDA, A. T.; ALENCAR, L. H. A multiple criteria decision model for assigning priorities to activities in Project management. *International journal of project management*, 27: 175 – 181, 2009.

MOTA, C. M. M.; LEDERMAN, S.; GUIMARÃES, L. Model for activities prioritization in multiple projects environment. Em XLII SBPO, 2010.

MOUSSEAU, V.; SLOWINSKI, R.; ZIELNIEWICZ, P. A user-oriented implementation of the ELECTRE-TRI method integrating preference elicitation support. *Computers & Operations Research*, 27: 757-777, 2000.

MOUSSEAU, V.; SLOWINSKI, R. Inferring an ELECTRE TRI Model from Assignment Examples. *Journal of Global Optimization* 12: 157–174, 1998.

NEVES, R. B.; COSTA, H. G. Avaliação do desempenho de gerenciamento de projetos utilizando o método ELECTRE TRI. 2010

NEVES, R. B.; COSTA, H. G. Avaliação de programas de pós-graduação: proposta baseada na integração ELECTRE TRI, SWOT e sistema CAPES. *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão*, 1: 3, 276-298, 2006.

NEVES, L. P.; MARTINS, A. G.; ANTUNES, C. H.; DIAS, L. C. A multi-criteria decision approach to sorting actions for promoting energy efficiency. *Energy Policy*, 36: 2351–2363, 2008.

NIKULIM, Y.; DREXL, A. Theoretical aspects of multicriteria flight gate scheduling: deterministic and fuzzy models. *J Sched*, 13: 261–280, 2010.

OZDAMAR, L.; ULUSOY, G. An iterative local constraint based analysis for solving the resource constrained project scheduling problem. *Journal of operations Management*, 14: 93 – 208, 1996.

PAYNE, J. H. Management of multiple simultaneous projects: a state-of-art review. *International Journal of Project Management*, 13: 3, 163 – 168, 1995.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*. Pennsylvania, Project Management Institute Inc, 2004.

RAJU, K. S.; DUCKSTEIN, L.; ARONDEL, C. Multicriterion Analysis for Sustainable Water Resources Planning: A Case Study in Spain. *Water Resources Management*, 14: 435–456, 2000.

RIGGS, J. L.; BROWN, S. B.; TRUEBLOOD, R. P. Integration of technical, cost, and schedule risks in project management. *Computers & Operations Research*, 21: 5, 521-533, 1994.

ROULET, C. A.; LABBEN H. H.; SANTAMOURIS, M.; KORONAKI, I.; DESCALAKI, E. RICHalet, V. ORME: A multicriteria rating methodology for buildings. *BUILDING AND ENVIRONMENT*, 37: 6, 579-586, 2002.

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

SISKOS, Y.; GRIGOROUDIS, E.; KRASSADAKI, E.; MATSATSINIS, N. A multicriteria accreditation system for information technology skills and qualifications. *European Journal of Operational Research*, 182: 867–885, 2007.

SODERLUND, J. Building theories of project management: past research, questions for the future. *International Journal of Project Management*, 22: 183–191, 2004.

SOUZA, F.M.C. *Decisões Racionais em Situações de Incerteza*. 1 ed. Recife, Editora Universitária UFPE, 2002.

STRNAD, D.; GUID, N. A fuzzy-genetic decision support system for project team formation. *Applied Soft Computing*, 10: 1178–1187, 2010.

SZAJUBOK, N. K.; MOTA, C. M. M.; ALMEIDA, A. T. Uso do método ELECTRE TRI para classificação de estoques na construção civil. *Pesquisa Operacional*, 26: 3, 2006.

TURNER, J. R. Towards a theory of Project management: the nature of the Project. *International Journal of Project Management*, 24: 1-3, 2006.

VALERIANO, D. *Moderno Gerenciamento de Projetos*. São Paulo, Prentice Hall, 2005.

VARGAS, R. V. *Gerenciamento de projetos*. Rio de Janeiro, Brasport, 2002.

VIANA, A.; SOUSA, J. P. Using metaheuristics in multiobjective resource constrained project scheduling. *European Journal of Operational Research*, 120: 359-374, 2000.

VINCKE, P. *Multicriteria Decision-Aid*. New York, Wiley, 1992.

XIDONAS, P.; MAVROTAS, G.; PSARRAS, J. A multicriteria methodology for equity selection using financial analysis. *Computers & Operations Research* 36: 3187 – 3203. 2009.

ZENG, J.; AN, M.; SMITH, N. J. Application of a fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment. *International Journal of Project Management*, 25: 589–600, 2007.

APÊNDICE 1: ÍNDICES DE CONCORDÂNCIA PARCIAL $C_j(A,B)$

g₁ - Custo					
c_j(a,b)	b0	b1	b2	b3	b4
A1	1	0,333333	0	0	0
A2	1	1	0	0	0
A3	1	1	0,9	0	0
A4	1	1	1	0	0
A5	1	1	0	0	0
A6	1	1	1	0,533333	0
A7	1	1	1	1	0

g₂ - Duração					
c_j(a,b)	b0	b1	b2	b3	b4
A1	1	0,5	0	0	0
A2	1	1	1	0	0
A3	1	0	0	0	0
A4	1	1	0	0	0
A5	1	0	0	0	0
A6	1	1	1	0	0
A7	1	1	1	1	0

g₃ - Folga					
c_j(a,b)	b0	b1	b2	b3	b4
A1	1	1	0,351351	0	0
A2	1	1	1	1	0,666667
A3	1	1	0,851852	0	0
A4	1	1	1	0,130952	0
A5	1	1	0,111111	0	0
A6	1	1	1	0,875	0
A7	1	1	1	1	1

g₄ - RH					
c_j(a,b)	b0	b1	b2	b3	b4
A1	1	1	1	0	0
A2	1	1	1	1	0
A3	1	1	1	0	0
A4	1	1	1	1	0
A5	1	1	0	0	0
A6	1	1	1	1	0
A7	1	1	1	1	0

g₅ - Tecnologia					
c_j(a,b)	b0	b1	b2	b3	b4
A1	1	1	1	0	0
A2	1	1	0	0	0
A3	1	1	1	1	0
A4	1	1	1	1	0
A5	1	1	1	0	0
A6	1	1	1	0	0
A7	1	1	1	1	0

g₆ - Risco					
c_j(a,b)	b0	b1	b2	b3	b4
A1	1	0	0	0	0
A2	1	0	0	0	0
A3	1	1	0	0	0
A4	1	1	1	0	0
A5	1	0	0	0	0
A6	1	1	1	0	0
A7	1	1	1	1	0

g₇ - Importância					
c_j(a,b)	b0	b1	b2	b3	b4
A1	1	0	0	0	0
A2	1	0	0	0	0
A3	1	1	0	0	0
A4	1	1	0	0	0
A5	1	1	0	0	0
A6	1	1	0	0	0
A7	1	1	0	0	0

APÊNDICE 2: ÍNDICES DE CONCORDÂNCIA PARCIAL $C_j(B,A)$

g₁ - Custo					
c_j(b,a)	b0	b1	b2	b3	b4
A1	0	1	1	1	1
A2	0	0,266667	1	1	1
A3	0	0	1	1	1
A4	0	0	0	1	1
A5	0	0	1	1	1
A6	0	0	0	1	1
A7	0	0	0	0	1

g₂ - Duração					
c_j(b,a)	b0	b1	b2	b3	b4
A1	0	1	1	1	1
A2	0	0	1	1	1
A3	0	1	1	1	1
A4	0	1	1	1	1
A5	0	1	1	1	1
A6	0	0	1	1	1
A7	0	0	0	1	1

g₃ - Folga					
c_j(b,a)	b0	b1	b2	b3	b4
A1	0,148649	1	1	1	1
A2	0	0	0	1	1
A3	0	0,898148	1	1	1
A4	0	0,369048	1	1	1
A5	0,388889	1	1	1	1
A6	0	0	0,875	1	1
A7	0	0	0	0,704545	1

g₄ - RH					
c_j(b,a)	b0	b1	b2	b3	b4
A1	0	0	0	0	1
A2	0	0	0	0	1
A3	0	0	0	0	1
A4	0	0	0	0	1
A5	0	0	0	1	1
A6	0	0	0	0	1
A7	0	0	0	0	1

g₅ - Tecnologia					
c_j(b,a)	b0	b1	b2	b3	b4
A1	0	0	0	0	1
A2	0	0	0	1	1
A3	0	0	0	0	1
A4	0	0	0	0	1
A5	0	0	0	0	1
A6	0	0	0	0	1
A7	0	0	0	0	1

g₆ - Risco					
c_j(b,a)	b0	b1	b2	b3	b4
A1	0	0	1	1	1
A2	0	0	1	1	1
A3	0	0	0	1	1
A4	0	0	0	0	1
A5	0	0	1	1	1
A6	0	0	0	0	1
A7	0	0	0	0	1

g₇ - Importância					
c_j(b,a)	b0	b1	b2	b3	b4
A1	0	0	1	1	1
A2	0	0	1	1	1
A3	0	0	1	1	1
A4	0	0	1	1	1
A5	0	0	1	1	1
A6	0	0	1	1	1
A7	0	0	1	1	1

APÊNDICE 3: ÍNDICES DE CREDIBILIDADE $\Sigma(A,B)$ E $\Sigma(B,A)$

$\sigma(a,b)$	b0	b1	b2	b3	b4
A1	1	0,508333	0,31756757	0	0
A2	1	0,75	0,35	0,2	0,033333
A3	1	0,85	0,56759259	0,15	0
A4	1	1	0,65	0,306548	0
A5	1	0,8	0,15555556	0	0
A6	1	1	0,8	0,327083	0
A7	1	1	0,8	0,8	0,05

$\sigma(b,a)$	b0	b1	b2	b3	b4
A1	0,00743243	0,45	0,7	0,7	1
A2	0	0,066667	0,65	0,85	1
A3	0	0,194907	0,65	0,7	1
A4	0	0,168452	0,4	0,65	1
A5	0,01944444	0,2	0,7	0,85	1
A6	0	0	0,39375	0,65	1
A7	0	0	0,20	0,39	1

APÊNDICE 4: FUNÇÃO SELEÇÃO P(A,BH)

$\rho(a,b)$	b0	b1	b2	b3	b4
A1	0,00743243	0,45	0,31756757	0	0
A2	0	0,066667	0,35	0,2	0,033333
A3	0	0,194907	0,56759259	0,15	0
A4	0	0,168452	0,4	0,306548	0
A5	0,01944444	0,2	0,15555556	0	0
A6	0	0	0,39375	0,327083	0
A7	0	0	0,2	0,385227	0,05