



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**MODELO DE APOIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO**  
**APLICADO À PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS DE PESQUISA**  
**E DESENVOLVIMENTO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO  
POR

**MARINA DANTAS DE OLIVEIRA DUARTE**

Orientador: Prof.º Phd. Adiel Teixeira de Almeida

Recife, janeiro de 2006



# **MODELO DE APOIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO APLICADO À PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – como requisito parcial para obtenção de Grau em Engenharia de Produção.

Recife, janeiro de 2006

**D812m Duarte, Marina Dantas de Oliveira**

Modelo de apoio multicritério a decisão aplicado à  
priorização de projetos de pesquisa e desenvolvimento /  
Marina Dantas De Oliveira Duarte. - Recife: O Autor, 2006.  
ix, 78 f., figs., tabs.

Monografia (TCC) – Universidade Federal de  
Pernambuco. CTG. Engenharia de Produção, 2006.

Inclui referências bibliográficas  
Inclui apêndice e anexo.

1. Engenharia de Produção. 2. Apoio a Decisão  
Multicritério I. Título.

**658.5 CDD (22. ed.)**

**BCTG/2006-04**

*Aos meus pais, Oscar e Carmeli*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para tornar possível esse trabalho:

Ao Professor Adiel Almeida, pela orientação não apenas neste trabalho, mas na minha carreira profissional;

A Danielle Morais, pela presteza e paciência;

Aos amigos do GPSID, por tornarem o ambiente de trabalho mais prazeroso;

Aos amigos e colegas de curso pela convivência e aprendizados compartilhados;

Aos familiares e amigos pelo apoio e carinho;

Ao Dani, pelo apoio incondicional ;

A minha irmã Naná por seu companheirismo e pela sabedoria em dosar os momentos de trabalho intenso com descontração;

Por fim, aos meus pais pelo incentivo e presença constante.

A busca por inovações é o fator-chave que leva as organizações a investirem continuamente em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Em muitos casos, o uso de novas tecnologias se torna um diferencial competitivo, capaz de garantir o espaço da empresa no mercado e permitir o seu crescimento. Diante da importância estratégica que os projetos de P&D adquirem e das restrições de recursos inerentes ao contexto empresarial, a decisão relativa a quais projetos devem ser desenvolvidos e aos recursos alocados a estes se torna uma tarefa delicada. Vários modelos foram concebidos com este propósito, sendo a maioria deles voltados à medição dos benefícios financeiros proporcionados pelos projetos. Porém, o impacto estratégico do investimento em P&D leva a crer que medidas do benefício estratégico proporcionado por cada projeto devem também ser consideradas. O presente trabalho se propõe a aplicar um método de Apoio a Decisão Multicritério ao problema de Priorização de Projetos de P&D. Posteriormente é apresentada uma aplicação do modelo obtido ao caso de uma empresa do setor energético.

*Palavras-chave:* Pesquisa e Desenvolvimento, Apoio a Decisão Multicritério, Priorização de projetos.

The search for innovations is the key-factor that makes the organizations to invest continually in Research and Development (R&D). In many cases, the use of new technologies becomes a competitive differential, capable to guarantee the company in the market and to allow its growth. In fact, with the strategic importance that the projects of R&D acquire and the inherent resources limitations to the managerial context, decision in terms of which projects should be developed and the allocation of resources among the candidate projects become a complex task. Several models were conceived with this purpose, being the majority of them evaluating the mensuration of the financial benefits provided by the projects. However, the strategic impact of the investment in R&D should also be considered the benefit for each project. The present work deals to apply a method of Multicriteria Decision Aid to the problem of Ranking Projects of R&D. Finally an application of the model obtained is presented to the case of an energy company.

*keywords:* Research and Development, Multicriteria Decision Aid, Projects ranking.

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Relevância .....	1
1.2	Objetivos.....	2
1.2.1	Objetivo Geral .....	2
1.2.2	Objetivos Específicos .....	2
1.3	Organização do Trabalho.....	2
<b>2</b>	<b>BASE CONCEITUAL.....</b>	<b>4</b>
2.1	Pesquisa & Desenvolvimento .....	4
2.1.1	Conceitos Relevantes.....	4
2.1.2	As Gerações de P&D.....	6
2.1.3	O Papel Estratégico da P&D .....	8
2.2	Decisão Multicritério .....	9
2.2.1	Atores do Processo Decisório .....	11
2.2.2	Problemáticas de Referência .....	11
2.2.3	Modelagem das Preferências .....	13
2.2.3.1	Sistemas de Relações de Preferências .....	13
2.2.3.2	Estruturas de Preferências .....	15
2.2.4	Conceitos Básicos Relevantes .....	17
2.2.5	Métodos de Apoio Multicritério a Decisão .....	18
2.2.5.1	Teoria da Utilidade Multiatributo.....	19
2.2.5.2	Família de métodos ELECTRE .....	21
2.2.5.3	Família de métodos PROMETHEE.....	22
<b>3</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>27</b>
3.1	Seleção de Portfólios em Geral.....	28
3.2	Seleção de Portfólios de P&D .....	32
3.3	Desafios para trabalhos futuros na área de seleção de portfólios de P&D .....	38
3.4	A Aplicação de Modelos de Seleção de Portfólio de P&D no contexto da Companhia Energética de Pernambuco (CELPE).....	39
3.4.1	Modelo de Avaliação de Programas de P&D da ANEEL .....	40
3.4.2	Modelo de Seleção da Carteira de Projetos de P&D da CELPE .....	45

3.4.3	Modelo para Priorização de Projetos de P&D baseado no ELECTRE IV .....	50
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>54</b>
4.1	Levantamento dos projetos de P&D.....	55
4.2	Levantamento dos dados referentes aos projetos .....	56
4.3	Identificação dos atores .....	57
4.4	Identificação da problemática.....	58
4.5	Determinação dos critérios de avaliação .....	58
4.6	Avaliação dos projetos.....	61
4.7	Determinação do método multicritério.....	61
<b>5</b>	<b>APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO.....</b>	<b>63</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>67</b>
6.1	Conclusões.....	67
6.2	Sugestões para trabalhos futuros .....	68
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>70</b>
	<b>ANEXO.....</b>	<b>73</b>
	<b>APÊNDICE .....</b>	<b>74</b>

Figura 3.1 – Processo de Avaliação e Aprovação das Propostas de Programas de P&D.....	41
Figura 3.2 – Modelo de Gestão da Carteira de Projetos de P&D .....	45
Figura 4.1 –Aplicação de métodos de AMD à seleção de projetos de P&D da CELPE .....	54

Tabela 2.1 – Situações básicas de preferência para comparar duas ações potenciais .....	14
Tabela 2.2 – Situações consolidadas de preferências para comparar duas ações potenciais....	15
Tabela 2.3 – Estruturas Básicas de Sistemas de Relações de Preferência sem Incomparabilidade .....	16
Tabela 2.4 – Estruturas Básicas de Sistemas de Relações de Preferências com Incomparabilidade .....	17
Tabela 2.5 – Critérios gerais para o PROMETHEE .....	23
Tabela 4.1 – Níveis de preferência associados aos critérios 1 a 7.....	60
Tabela 4.2 – Níveis de preferência associados aos critérios 8 a 10.....	60
Tabela 4.3 – Avaliação dos projetos em relação aos critérios.....	61
Tabela 5.1 – Pesos dos critérios.....	63
Tabela 5.2 – índices de preferência .....	64
Tabela 5.3 – Fluxos positivo, negativo e líquido.....	65
Tabela 5.4 – Resultado final do PROMETHEE II.....	65
Tabela A1 – Fases do Processo de Avaliação e Aprovação do Programa Anual de P&D.....	73
Tabela Ap1 – Intensidades de preferência para o critério Factibilidade do Plano de Pesquisa (C1).....	74
Tabela Ap2 – Intensidades de preferência para o critério Recursos Para Execução (C2).....	74
Tabela Ap3 – Intensidades de preferência para o critério Capacitação do Coordenador da Equipe (C3) .....	75
Tabela Ap4 – Intensidades de preferência para o critério Capacitação da Equipe (C4) .....	75
Tabela Ap5 – Intensidades de preferência para o critério Transferência dos Resultados (C5)	76
Tabela Ap6 – Intensidades de preferência para o critério Retorno do Projeto para a Empresa (C6).....	76
Tabela Ap7 – Intensidades de preferência para o critério Benefício do Projeto para a Sociedade/Cliente (C7).....	77
Tabela Ap8 – Intensidades de preferência para o critério Alinhamento com os Objetivos Empresariais (C8).....	77
Tabela Ap9 – Intensidades de preferência para o critério Custo da Carteira (C9).....	78
Tabela Ap10 – Intensidades de preferência para o critério Ativos Empresariais (C10) .....	78

---

# **1 INTRODUÇÃO**

As organizações têm observado o aumento da dependência em relação a novas tecnologias para manterem-se no mercado competitivo, o que implica na necessidade de construir uma atividade formalmente organizada para utilizar o potencial tecnológico e fazê-las evoluir. É dentro desse contexto que são constituídos departamentos com esse fim, que têm a responsabilidade de gerir as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), as quais traduzem a capacidade de toda a organização para modificar a tecnologia em uso ou disponível para uso.

A necessidade de minimizar o impacto do aumento da concorrência e do acelerado ritmo das mudanças tecnológicas constitui um desafio cada vez maior para as organizações. Ao passo em que esta condição torna-se mais exigida internamente, existe uma tendência para que a empresa reconheça a importância estratégica de cada área da organização. Não é diferente com a função de P&D, que tem se tornado uma forte ferramenta competitiva a ser gerenciada estrategicamente. Para a consolidação desta função é necessário que seus objetivos estejam alinhados às necessidades específicas das outras áreas da organização e que seus projetos representem a visão estratégica da empresa.

Tomadas de decisões de P&D não devem ser feitas isoladamente e nem baseadas apenas no que a função responsável julga importante, pois seu impacto abrange toda a empresa e as contribuições de P&D são difíceis de mensurar separadamente de outras funções organizacionais. Acrescenta-se a isto o fato do sucesso dos projetos nesta área depender da cooperação entre várias funções, de forma que, a omissão dessas do processo de decisão pode gerar efeitos organizacionais prejudiciais, mas por outro lado a inclusão dessas funções aumenta a complexidade da decisão.

Muitas empresas não podem simplesmente aumentar seus investimentos em P&D de forma rápida o bastante para compensar os desafios internacionais que enfrentam neste setor. Devido a esse fato, o uso de ferramentas sofisticadas que apoiem a tomada de decisão eficiente associada ao investimento em projetos de P&D são de importância fundamental para a estratégia competitiva da empresa.

## **1.1 Relevância**

A seleção de projetos de P&D é uma atividade executada periodicamente nas organizações. A forma não estruturada de tratar esse problema vem perdendo espaço devido

---

ao novo foco estratégico dado aos projetos de P&D, cedendo lugar às diferentes técnicas que podem ser usadas para estimar, avaliar e selecionar portfólios de projetos.

Algumas características são desejáveis a um método de seleção de projetos, tais como a capacidade de considerar a estratégia corporativa, a facilidade de uso, a possibilidade de abordar critérios tanto quantitativos quanto qualitativos, apresentar resultados de forma clara, utilizar variáveis relevantes e fáceis de mensurar, além de ser capaz de incorporar as preferências do decisor.

Dessa forma, a proposição de um modelo que se disponha a atender essas necessidades se torna de grande valia, de modo a facilitar a construção de um portfólio de projetos de P&D.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento de um modelo de Apoio Multicritério a Decisão para a priorização de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento, com a finalidade de composição do portfólio de projetos.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Neste trabalho pretende-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Abordar conceitos da área de Pesquisa e Desenvolvimento e de Decisão Multicritério, relevantes para a construção do modelo de priorização de projetos de P&D;
- Fornecer uma visão geral em relação aos métodos que têm sido desenvolvidos para seleção de projetos, especificamente os de P&D.
- Identificar o método utilizado pela CELPE para priorização de projetos de P&D e outros métodos já aplicados ao caso específico da empresa;
- Construir através das informações disponíveis a respeito do problema um modelo baseado em um método multicritério para a priorização de projetos de P&D;
- Aplicar o modelo proposto.

## **1.3 Organização do Trabalho**

Este trabalho está estruturado em seis capítulos:

- O capítulo 1 apresenta uma visão geral do contexto da Pesquisa e Desenvolvimento nas organizações, define a relevância do trabalho e seus objetivos;

- 
- O capítulo 2 consiste na base conceitual, onde são abordados os conceitos relevantes acerca da Pesquisa e Desenvolvimento e da Decisão Multicritério;
  - No capítulo 3 são apresentados alguns trabalhos existentes na literatura a respeito da seleção de portfólios em geral e para portfólios de P&D. Em seguida é explicitado o contexto de uma empresa do setor energético e discutido o modelo que esta utiliza para seleção de projetos. Posteriormente é apresentado um modelo para a etapa de priorização de projetos no contexto da empresa em questão;
  - O capítulo 4 tem o objetivo de propor um modelo para priorização de projetos de P&D baseado em uma metodologia de Apoio Multicritério a Decisão;
  - O capítulo 5 apresenta uma aplicação do modelo proposto à empresa do setor energético abordada no capítulo 3;
  - Finalmente, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões do estudo e algumas recomendações para futuros trabalhos.

---

## 2 BASE CONCEITUAL

### 2.1 Pesquisa & Desenvolvimento

#### 2.1.1 Conceitos Relevantes

Segundo Roussel (1992), a tecnologia muitas vezes é confundida com ciência e engenharia por um lado e com produto e sua função por outro, o que ocorre pelo fato da ciência e a engenharia estarem embutidas no processo ou produto através da tecnologia. Este mesmo autor define tecnologia como a aplicação do conhecimento científico e de engenharia para obter-se um resultado prático.

Para Jung (2004, p.26), “tecnologia é a aplicação da intuição, do empirismo e da razão às propriedades da matéria e da energia, de forma a reduzir o esforço humano”. Longo (1984) *apud* Jung (2004) considera tecnologia o conjunto de conhecimentos científicos empregados na produção e comercialização de bens e serviços.

A P&D está diretamente relacionada à produção de tecnologia, visando obter inovações que tenham valor prático para a aplicação em questão. Segundo Jung (2004), a inovação tecnológica busca obter novos conceitos, definições e parâmetros para serem desenvolvidos novos métodos e técnicas destinados à obtenção de novos produtos e processos.

Inovação deriva do latim *novus*, que significa introduzir algo novo. No contexto econômico, Schumpeter (1968) considera inovação o ímpeto para o desenvolvimento econômico, envolvendo empresas que utilizam recursos para satisfazer as necessidades do mercado usando vários novos métodos. Segundo Drucker (1987), inovação é uma ferramenta específica que o empreendedor usa para transformar chance em oportunidade, criando uma diferente área de negócios ou fornecendo diferentes serviços. Brown (1992) indica que inovação é um novo produto, método ou sistema com o potencial de criar um novo mercado ou de mudar o comportamento dos concorrentes ou clientes. Tais definições de inovação podem ser sumarizadas como métodos, organizações, produtos, processos e serviços que são novos ou aos quais pode ser adicionado valor.

A contínua busca pela inovação é o que motiva as empresas a investirem em P&D. Tal investimento pode ser realizado internamente à organização, através de um departamento de P&D, ou externamente, através de centros de pesquisa públicos ou privados, instituições de ensino superior e pesquisas cooperativas entre organizações.

---

Uma organização de P&D em geral tem como *input* informações científicas e tecnológicas, transformando-as em inovações tecnológicas na forma de idéias, produtos ou processos (ELKINS & KELLER, 2003). Para Jung (2004, p.142), “a pesquisa é utilizada como instrumento ou ferramenta para a descoberta de novos conhecimentos. O desenvolvimento é aplicação, através de processos, destes novos conhecimentos para se obter resultados práticos”.

Ghauri (1995) considera a pesquisa diferente do senso comum por ser feita para atingir objetivos específicos, utilizar métodos específicos e ser conduzida sistematicamente. Roussel (1992, p.14) afirma que, no contexto acadêmico, “pesquisa significa uma abordagem disciplinada à revelação de novos conhecimentos sobre o universo”. Acrescenta ainda que na indústria, a meta da pesquisa é o conhecimento aplicável às necessidades comerciais da empresa, capacitando-a a participar da vanguarda da nova tecnologia ou a lançar os fundamentos científicos para o desenvolvimento de novos produtos ou processos. Por outro lado, esclarece que o desenvolvimento deve levar os conceitos de produto ou de processos através de uma série de etapas definidas, a fim de prová-los, refiná-los e aprontá-los para a aplicação comercial.

Dentre as classificações de P&D existentes na literatura consideramos pertinente ao contexto desenvolvido neste trabalho abordar a classificação descrita por Roussel (1992), segundo a qual há três tipos básicos de P&D:

- *P&D Incremental* – trata-se da Pesquisa e Desenvolvimento voltada para pequenos avanços tecnológicos, através da aplicação de conhecimento existente. Constitui-se geralmente de passos técnicos incrementais que podem ser aplicados a processos ou produtos, cujo resultado são benefícios modestos, porém de grande valor estratégico.
- *P&D Radical* – está relacionada a descoberta de novos conhecimentos com a meta explícita de aplicá-los a um propósito útil. O fato de envolver elementos de descoberta torna inerente a presença de riscos, sejam técnicos, de custo ou de tempo. Além disso, o sucesso técnico do projeto não significa necessariamente seu sucesso comercial. Por outro lado, se o projeto vencer estes impasses, provavelmente o negócio terá um *know-how* que garantirá sua liderança tecnológica.
- *P&D Fundamental* – é a P&D empreendida em campos ainda pouco dominados pela organização ou até mesmo pela humanidade em si. Tem como metas desenvolver capacidade de pesquisa em profundidade nos campos de tecnologia potencial em relação aos quais a empresa esteja convencida de que exercerá grande impacto estratégico em

---

longo prazo e, simultaneamente, preparar-se para a futura exploração comercial destes campos.

### 2.1.2 As Gerações de P&D

A P&D industrial estabeleceu-se no início do século XX, quando a esta época empresas como a Du Pont e a General Motors criavam seus laboratórios centrais de pesquisa ou contratavam organizações de P&D para lidarem com projetos relacionados a seus negócios.

Após a II Guerra Mundial, a pesquisa e o desenvolvimento surgiram como uma força industrial amplamente reconhecida (ROUSSEL, 1992). As oportunidades para inovação eram ilimitadas e as estratégias dos países favoreciam a utilização de grandes somas de capital para este fim. Porém, no final da década de 60 as oportunidades já estavam mais escassas e o mercado já não absorvia mais os novos produtos com tanta facilidade. Para fazer face aos grandes desafios da crescente globalização os recursos eram cada vez mais exigidos e as organizações passaram a sentir a necessidade cada vez mais urgente de integrar a administração da P&D à estratégia da organização. Desta forma poderiam garantir que estariam orientando as atividades de P&D em direção às necessidades dos clientes e, mais ainda, aos objetivos da própria organização.

Roussel (1992) considera que a administração de P&D pós-II Guerra Mundial evoluiu ao longo de três gerações, como seguem:

#### ◇ Administração de P&D de Primeira Geração

Esta Geração é remanescente do período áureo da década de 50. Caracteriza-se por não apresentar uma estrutura estratégica para a administração da tecnologia e da P&D. A administração participa pouco da definição dos programas e projetos, de forma que para esta P&D é considerada apenas um item de custo nos gastos gerais e as decisões tomadas pelo gerente de P&D são separadas do contexto comercial.

Devido ao fraco envolvimento da administração, a alocação de recursos à P&D radical resume-se apenas à aprovar orçamentos de forma intuitiva, pois os indícios a respeito do custo total e do controle de tempo são vagos. Em relação à P&D incremental, os gerentes funcionais, por exemplo, de marketing ou produção, decidem quais projetos serão levados a cabo, cabendo à administração de P&D decidir *como* e *por quem*. Na maior parte dos casos, “a disponibilidade influencia a maneira como os recursos são usados e os objetivos e as

---

necessidades de negócios têm pouco peso a curto e médio prazo na configuração dos recursos” (ROUSSEL, 1992, p.28).

Geralmente, nesta geração, grande parte da P&D está centralizada ao nível corporativo e a P&D incremental é distribuída às unidades comerciais. A administração de cada projeto não é explicitamente reconhecida, sendo relegados os planos de recursos, a estrutura de tempo e o orçamento das atividades de cada projeto.

#### ◇ Administração de P&D de Segunda Geração

A Segunda Geração representa o início de uma estrutura estratégica para P&D em nível de projetos, que passam a ser reconhecidos como atividades distintas e multiformes.

Assim como na Primeira Geração, tende a centralizar P&D fundamental e radical e a distribuir a P&D incremental aos negócios. Em vantagem, a Segunda Geração reconhece a natureza multidisciplinar da P&D, a necessidade de continuidade e de uma dedicada administração das complexas relações exigidas pela maioria dos projetos dessa ordem.

Esta geração tende a ligar pesquisa, desenvolvimento e tecnologia às necessidades do negócio numa base projeto a projeto. Dessa forma, obtém-se um plano de negócio de melhor qualidade do que se fosse traçado isolado. Porém, falha ao ser incapaz de otimizar os recursos de P&D para os negócios e para a corporação como um todo.

O financiamento para a P&D radical é compartilhado pelo negócio relacionado e pela corporação, de forma a partilhar também os riscos. A P&D incremental é financiada por meio do negócio, sendo o nível negociado entre os gerentes dos negócios e de P&D no contexto do orçamento anual.

A administração na segunda geração geralmente tenta medir os resultados da P&D usando abordagens quantitativas, tais como o Valor Presente Líquido (VPL) e Retorno sob o Investimento (ROI). Porém, logo no começo da existência dos projetos radicais, a administração restringe-se a medir o progresso principalmente em relação a marcos tecnológicos (ROUSSEL, 1992). À medida que o trabalho avança e o projeto se aproxima da comercialização, a falta de informação sobre o mercado desaparece e a medição dos resultados pode ser tomada em termos satisfatórios para todos (por exemplo, em termos de custos, tempo, benefícios, etc).

#### ◇ Administração de P&D de Terceira Geração

O diferencial da Terceira Geração se dá pela instituição do conceito de portfólio, considerando as inter-relações entre os projetos dentro do negócio, e para a corporação como

---

um todo. A administração geral institui uma parceria estratégica e operacional entre P&D e as demais funções vitais, na qual P&D desafia e auxilia na definição das reais necessidades tecnológicas da empresa, presentes e futuras, além de colaborar para satisfazê-las.

Instaura-se um espírito de parceria entre os gerentes gerais e de P&D, de forma que estes reconhecem que, embora cada qual possua contribuição única à administração de P&D, reunir as diferentes perspectivas ao preparar e tomar decisões importantes aumenta a qualidade dessas decisões (ROUSSEL, 1992).

As empresas que trabalham na Terceira Geração procuram explorar as sinergias tecnológicas e compensações entre projetos, integrando as estratégias corporativas de negócio, P&D e tecnologia, através dos programas corporativos.

A alocação de recursos para tecnologias jovens é incentivada às divisões, sendo assumida pelo nível corporativo no caso de tecnologias especulativas de alto risco. Para a P&D incremental, é estimulado aos clientes e fornecedores internos o teste regular de custos internos *versus* preços de mercado para trabalhos similares. Para a P&D radical, a alocação de recursos requer um equilíbrio estratégico entre projetos prioritários para os vários negócios e as necessidades corporativas.

O diferencial da administração de Terceira Geração está na perspectiva corporativa que assume: cada projeto é avaliado segundo sua importância estratégica para o negócio e a organização, assim como também são analisados os recursos necessários à sua execução em termos da disponibilidade ou escassez relativa. O trabalho nesta abordagem é contínuo e regular para o estabelecimento de prioridades e a manutenção da flexibilidade dos recursos internos.

### 2.1.3 O Papel Estratégico da P&D

“No adequado contexto estratégico, a P&D deve promover os produtos que o departamento de marketing e de vendas oferecem, os processos que a produção opera e muitas das decisões de investimento que a administração toma” (ROUSSEL, 1992, p.17). Portanto, conclui-se que uma administração estratégica de P&D tem a clara intenção de integrar a tecnologia ao negócio, usando-a como mais uma ferramenta para atingir-se objetivos estratégicos da organização como um todo.

A missão de P&D de uma empresa está intimamente relacionada com a fase de maturidade da indústria em que a empresa compete. Segundo Day (2003), as tecnologias emergentes devem ser administradas perseguindo-se múltiplas trajetórias, pois, apesar de

---

parecer uma estratégia sem foco para o caso de tecnologias já estabelecidas, consiste numa estratégia flexível e robusta para o caso de novas tecnologias. Esta fase inicial é caracterizada pela alta incerteza que envolve a aplicabilidade da tecnologia em si, a capacidade de adequação desta à comercialização e a aceitação do mercado.

Com o crescimento da indústria as questões delineiam-se mais e exigem mais precisão nas previsões de tempo, custo e demanda. Nesta fase, o objetivo da P&D é melhorar e manter a posição competitiva do negócio. Posteriormente, com a saturação do mercado, o foco da P&D volta-se para defender a posição adquirida nas fases anteriores pela empresa. A maturidade acarreta uma tendência maior ao desenvolvimento de projetos de P&D incremental, que proporcionem redução de custo e, em menor proporção, de projetos de P&D radical, com vistas à possibilidade de renovar o produto ou o processo.

Roussel (1992) destaca três propósitos estratégicos fundamentais da P&D industrial:

- *Defender, apoiar e expandir o negócio atual* – através de melhorias nos produtos e processos, atendimento às conformidades de segurança e ambiental e do desenvolvimento de novos produtos e processos;
- *Impulsionar novos negócios* – fazendo uso de tecnologias novas para a empresa ou de tecnologias pioneiras;
- *Ampliar e aprofundar as capacidades tecnológicas da empresa* – em relação a um negócio atual ou novo.

A utilização da P&D aliada à estratégia dos negócios e da organização como um todo, além de dar suporte à estratégia empresarial, constitui uma forma eficiente de alocar recursos para gerar impactos competitivos. Portanto, a decisão relativa a quais projetos devem ser executados e de que forma os recursos serão atribuídos a estes projetos é de suma importância para o bom desempenho da organização.

## **2.2 Decisão Multicritério**

Decidir pode ser definido como o processo de colher informações, atribuir importância a elas, posteriormente buscar alternativas possíveis de solução, para então fazer a escolha entre as alternativas (GOMES, 2002). Uma decisão se faz necessária sempre que forem identificadas mais de uma alternativa de solução ou, no caso onde há apenas uma alternativa, ainda se pode decidir acerca de aceitá-la ou não.

---

Decisões monocritério são aquelas onde existe apenas um parâmetro segundo o qual as alternativas podem ser avaliadas, geralmente através da mensuração qualitativa ou quantitativa deste parâmetro. Porém, deve-se admitir que os problemas reais raramente se enquadram nesta situação, caracterizando-se na maioria das vezes pela existência de múltiplas alternativas que devem ser avaliadas segundo pelo menos dois critérios geralmente conflitantes.

A decisão multicritério, portanto, é aquela que deve ser tomada à luz de vários critérios. Neste contexto, há na maioria das vezes uma complexa relação benefício-perda entre os fatores (critérios): cada ação implicará numa combinação própria, devendo ser analisada e comparada às demais para só então se realizar a escolha final. Tais comparações, por vezes, apresentam dificuldades de serem executadas de maneira objetiva, pois em determinados problemas pode ser necessário comparar-se valores quantitativos com qualitativos, de diferentes ordens de grandeza ou mesmo em unidades diferentes. A ação ou alternativa adotada será a combinação preferida, que dependerá das preferências e do processo cognitivo do decisor ou da modelagem cognitiva de um grupo de decisores.

A partir da contextualização desta classe de problemas surgiram metodologias de Apoio Multicritério a Decisão (AMD), as quais visam apoiar o processo decisório sob influência de uma multiplicidade de critérios ou objetivos, além, obviamente, de apresentar ao(s) decisor(es) uma proposta de solução adequada ao problema. Os métodos de AMD têm por princípio facilitar o aprendizado e entendimento dos problemas por parte dos decisores, considerando seus objetivos (sejam estes conflitantes ou não), as partes envolvidas e as prioridades e valores organizacionais, para então fornecer uma guia ao curso de ação preferível.

Os métodos de apoio multicritério procuram, desta forma, esclarecer o processo decisório tentando incorporar os julgamentos de valores dos agentes de decisão, na intenção de acompanhar a maneira como se desenvolvem as preferências, e entendendo o processo como aprendizagem (Gomes, 2002).

A principal dificuldade encontrada em problemas de decisão multicritério consiste no fato de que a personalidade do decisor, as circunstâncias que o envolvem, o problema e sua forma de apresentação são fatores que influenciam decisivamente no processo e, conseqüentemente, no resultado obtido. Normalmente não existe uma solução ótima, melhor que as demais, ao serem considerados simultaneamente todos os critérios. Por outro lado, algumas metodologias de AMD transformam o problema inicial em um problema de

---

otimização, agregando todos os critérios em uma única função analítica que deve ser otimizada pela escolha da ação. (VINCKE, 1992).

Para que se possam aprofundar os conhecimentos acerca dos métodos de Apoio a Decisão Multicritério se faz necessária a explanação de alguns conceitos que serão tratados nos itens a seguir.

### 2.2.1 Atores do Processo Decisório

Gomes (2002) distingue três pessoas envolvidas no processo de tomada de decisão, que participam de alguma forma, podendo ser inclusive o mesmo indivíduo ou grupo de indivíduos encarregado (s) de executar (em) as três funções:

- *Decisor* – assume a responsabilidade pelo problema e influencia no processo de decisão de acordo com o juízo de valor que representa e/ou relações que se estabeleceram. Pode ainda não participar do processo de decisão, porém influencia-o em função do seu poder de veto.
- *Facilitador* – é um líder experiente que deve focalizar sua atenção na resolução do problema, coordenando os pontos de vista dos decisores, mantendo os decisores motivados e destacando o aprendizado no processo de decisão. Deve tentar abstrair-se do seu sistema de valor, para não intervir nos julgamentos dos decisores.
- *Analista* – é responsável pela análise, auxiliando o decisor e facilitador na estruturação do problema e identificação dos fatores do meio ambiente que influenciam na evolução, solução e configuração do problema.

Roy (1996) destaca que existem ainda outros grupos que podem influenciar o processo decisório, dentre estes os *stakeholders*, que não são formalmente responsáveis pela decisão, mas algumas vezes conseguem participar do processo decisório. Ainda é importante destacar o grupo dos terceiros, que não participam ativamente do processo de decisão, porém são direta ou indiretamente afetados pelas conseqüências, de forma que suas preferências devam ser consideradas pelos decisores.

### 2.2.2 Problemáticas de Referência

Seja  $A$  um conjunto de alternativas ou ações disponíveis para a resolução de um determinado problema. No contexto do Apoio Multicritério a Decisão, o resultado a que se pretende chegar na resolução deste problema pode ser identificado de acordo com quatro tipos de problemáticas de referência descritas por Roy (1996):

- 
- *Problemática P.α* ou *Problemática de Escolha*: Nesta problemática, direciona-se a investigação no sentido de se encontrar um subconjunto A' de A, tão restrito quanto possível, visando a escolha final de uma única ação. O resultado pretendido é, portanto, uma escolha ou um procedimento de seleção.
  - *Problemática P.β* ou *Problemática de Classificação*: Apresenta o problema em termos da alocação de cada ação a uma categoria (ou classe). Esta alocação é feita com base nos valores intrínsecos de cada ação em comparação com classes pré-definidas. O resultado pretendido é, dessa forma, uma triagem ou um procedimento de classificação.
  - *Problemática P.γ* ou *Problemática de Ordenação*: As investigações são direcionadas a fim de se determinar uma ordenação parcial ou completa entre os grupos que contêm as ações consideradas equivalentes, ou propor um procedimento de ordenação. Diferentemente da problemática anterior (*P.β*), os grupos de ações nesta problemática não são definidos *a priori*, e a determinação de uma classe é relativa e depende de sua posição na ordem. O resultado pretendido é, portanto, um procedimento de ordenação.
  - *Problemática P.δ* ou *Problemática de Descrição*: Esta problemática direciona para a descrição, em uma linguagem apropriada e de uma maneira sistemática e formal, das ações e das suas conseqüências. O resultado a que se quer chegar aqui é uma descrição ou um procedimento cognitivo.

A estas problemáticas, Gusmão (2005) acrescenta duas outras:

- *Problemática de Design*: tem por objetivo procurar, identificar ou criar novas alternativas de decisão de acordo com as metas e aspirações definidas pelo processo de AMD.
- *Problemática de Portfólio*: tem por finalidade a escolha de um subconjunto de alternativas de um grande conjunto de possibilidades, levando em consideração não só as características de cada alternativa individual, mas a maneira como elas interagem.

A maneira de se formular o problema de decisão depende de se precisar a natureza do que se procura e do espírito da recomendação, podendo ser escolhida uma problemática, um caso especial de uma delas, uma seqüência de mais de uma problemática ou até mesmo uma mistura diferente, quando não se verificar nenhuma das opções citada. (ROY, 1996).

Segundo Almeida & Costa (2003), a metodologia multicritério a ser utilizada na resolução de um problema de decisão dependerá de vários fatores, destacando-se:

1. O problema analisado;
2. O contexto considerado;

- 
3. A estrutura de preferências do decisor;
  4. A problemática.

### 2.2.3 Modelagem das Preferências

De acordo com Roy (1996), para apoiar o processo decisório torna-se necessário estabelecer certas condições que expressem as preferências do decisor quando da comparação entre duas ações potenciais. Essas condições são definidas por relações binárias que fazem a ligação entre dois objetos ou descrevem a presença ou ausência de certa propriedade.

Uma relação binária  $H$  sobre um conjunto de ações  $A$  pode apresentar as seguintes propriedades, conforme Roy (1996):

- Reflexividade -  $\forall a \in A, aHa$ ;
- Irreflexividade -  $\forall a \in A, \text{não } aHa$ ;
- Simetria -  $\forall a, b \in A, aHb \Rightarrow bHa$ ;
- Assimetria -  $\forall a, b \in A, aHb \Rightarrow \text{não } bHa$ ;
- Transitividade -  $\forall a, b, c \in A, [aHb, bHc] \Rightarrow aHc$ .

#### 2.2.3.1 Sistemas de Relações de Preferências

As preferências do decisor são modeladas através do sistema de relações de preferências. Roy (1996) considera como principais sistemas de relações de preferências o Sistema Básico de Relações de Preferência (BSPR) e o Sistema Consolidado de Relações de Preferência (CSPR).

Quando o decisor se depara com a necessidade de definir suas preferências entre duas alternativas  $a$  e  $b$  de um conjunto  $A$  de ações, o sistema básico (BSPR) apresenta as situações identificadas na tabela 2.1.

*Tabela 2.1 – Situações básicas de preferência para comparar duas ações potenciais*

<b>Situação</b>	<b>Definição</b>	<b>Propriedades</b>
Indiferença (I)	Existência de razões claras e positivas que justificam a equivalência entre duas ações.	I: relação reflexiva e simétrica
Estrita Preferência (P)	Existência de razões claras e positivas que justificam uma preferência significativa em favor de uma das duas ações identificadas.	P: relação assimétrica (não reflexiva)
Fraca Preferência (Q)	Existência de razões claras e positivas que invalidam a estrita preferência em favor de uma das duas ações identificadas, mas que são insuficientes para deduzir uma estrita preferência em favor da outra ação ou indiferença entre as duas ações, não permitindo, deste modo, diferenciar nenhuma das duas situações precedentes.	Q: relação assimétrica (não reflexiva)
Incomparabilidade (R)	Ausência de razões claras e positivas que justificam quaisquer das três situações precedentes.	R: relação simétrica (não reflexiva)

*Fonte: Roy (1996) apud Alencar (2003)*

A teoria da Escola Americana considera apenas duas situações como sendo básicas: a indiferença (I) e a preferência estrita (P). As situações de incomparabilidade (R) ou preferência fraca (Q) não existem ou estão combinadas a outras situações. Roy (1996) coloca que esta visão não incorpora a existência de situações nas quais o decisor ou analista é incapaz de decidir, ou não sabe como decidir, ou não deseja decidir.

O sistema consolidado (CSPR) introduz outras situações além das caracterizadas pelos agrupamentos ou combinações das quatro situações básicas, sendo conhecidas como situações consolidadas de preferência, apresentadas na tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Situações consolidadas de preferências para comparar duas ações potenciais

Situação	Definição	Propriedades
Não-Preferência ( $\sim$ )	Corresponde a uma ausência de situações claras e positivas para justificar a preferência estrita ou preferência fraca em favor de uma das ações e, portanto, consolida as situações de indiferença ou de incomparabilidade, sem ser capaz de diferenciá-las.	$\sim: a \sim b \leftrightarrow aIb$ ou $aRb$
Preferência	Corresponde à existência de razões claras e positivas que justificam a preferência estrita ou a preferência fraca em favor de uma (bem identificada) das duas ações e, portanto, consolida as situações de preferência estrita e preferência fraca, sem no entanto possibilitar a diferenciação entre elas.	$>: a > b \leftrightarrow aPb$ ou $aQb$
J-Preferência (Presunção de Preferência)	Corresponde à existência de razões claras e positivas que justificam a preferência fraca, sem se preocupar o quanto fraca ela é, em favor de uma (bem identificada) das duas ações, ou no limite, a indiferença entre elas, embora não exista nenhuma divisão significativa estabelecida entre as situações de preferência fraca e indiferença.	$J: aJb \Rightarrow aQb$ ou $aIb$
K-Preferência	Corresponde à existência de razões claras e positivas que justificam a preferência estrita em favor de uma (bem identificada) das duas ações, ou a incomparabilidade entre elas, embora não exista nenhuma divisão significativa estabelecida entre as situações de preferência estrita e incomparabilidade.	$K: aKb \Rightarrow aPb$ ou $aRb$
Sobreclassificação (Outranking)	Corresponde à existência de razões claras e positivas que justificam tanto a preferência ou a J-preferência em favor de uma (bem identificada) das duas ações, embora não exista nenhuma divisão significativa estabelecida entre as situações de preferência estrita, preferência fraca e indiferença. Uma ação $a$ sobreclassifica $b$ ( $aSb$ ) se $a$ é considerada ao menos tão boa quanto $b$ .	$S: aSb \Rightarrow aPb$ ou $aQb$ ou $aIb$

Fonte: Roy (1996) apud Alencar (2003)

### 2.2.3.2 Estruturas de Preferências

Com base nas quatro relações de preferências básicas são apresentadas a seguir (tabela 2.3) as estruturas de preferências mais comuns que não aceitam a incomparabilidade entre ações, ou seja, a relação  $R$  é vazia.

Tabela 2.3 – Estruturas Básicas de Sistemas de Relações de Preferência sem Incomparabilidade

Estrutura	Representação Funcional ( $g$ definida em $A$ , $\forall a, b \in A$ )	Propriedades das Relações	Observações
Classes de Equivalência	Não forma uma ordem; as ações são equivalentes.	$I$ : Simétrica e Transitiva; $\sim$ : Simétrica e Transitiva.	Sistemas de relação com apenas uma relação simétrica.
Pré-Ordem Completa	$aPb \Leftrightarrow g(a) > g(b)$ $aIb \Leftrightarrow g(a) = g(b)$	$P$ : Transitiva e Assimétrica; $I$ : Reflexiva, Simétrica e Transitiva; $R = 0$ ; Ausência de Incomparabilidade.	Noção intuitiva de classificação com possibilidade de empate por similaridade.
Ordem Completa	$aPb \Leftrightarrow g(a) > g(b)$	$P$ : Transitiva e Assimétrica; $I$ : Reflexiva, Simétrica e Transitiva; $R = 0$ .	Noção intuitiva de classificação sem possibilidade de empate por similaridade.
Quase-Ordem	$aPb \Leftrightarrow g(a) > g(b) + q$ $aIb \Leftrightarrow  g(a) - g(b)  \leq q$ $q = \text{limiar de indiferença}$	$P$ : Transitiva e Assimétrica; $I$ : Reflexiva e Simétrica; $R = 0$ .	Existência de um limiar abaixo do qual o decisor não consegue explicitar a diferença ou se recusa a declarar preferência.
Ordem de Intervalo (Limiar de Indiferença Variável)	$aPb \Leftrightarrow g(a) > g(b) + q(g(b))$ $aIb \Leftrightarrow \begin{matrix} g(a) \leq g(b) + q(g(b)), \\ g(b) \leq g(a) + q(g(a)) \end{matrix}$	$P$ : Transitiva e Assimétrica; $I$ : Reflexiva e Simétrica; $R = 0$ .	Limiar que varia ao longo da escala de valores.
Pseudo-Ordem	$aPb \Leftrightarrow g(a) > g(b) + p(g(b))$ $aQb \Leftrightarrow q < g(a) - g(b) \leq p(g(b))$ $aIb \Leftrightarrow  g(a) - g(b)  \leq q$	$P$ e $Q$ : Transitiva e Assimétrica; $I$ : Reflexiva e Simétrica; $R = 0$ .	Limiar de indiferença ( $q$ ): abaixo do qual é clara a indiferença; Limiar de preferência ( $p$ ): acima do qual não há dúvida da preferência.

Fonte: Vincke (1992) e Roy (1996) apud Alencar (2003)

A partir da análise do comportamento dos decisores, observa-se que a situação de ausência de incomparabilidade não é muito realista, uma vez que, em muitas situações, não desejam expressar suas preferências ou e sentem incapazes de fazê-lo. A incomparabilidade aparece mais freqüentemente quando opiniões contraditórias são agregadas (VINCKE, 1992).

As estruturas parciais de preferência que aceitam incomparabilidade são uma generalização da Pré-Ordem Parcial e da Ordem Parcial, apresentadas na tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Estruturas Básicas de Sistemas de Relações de Preferências com Incomparabilidade

Estrutura	Representação Funcional ( $g$ definida em $A$ , $\forall a, b \in A$ )	Propriedades das Relações	Observações
Pré-Ordem Parcial	$aPb \Rightarrow g(a) > g(b)$ $aIb \Rightarrow g(a) = g(b)$	$P$ : Assimétrica e transitiva; $I$ : Simétrica, transitiva e reflexiva; $R$ : Simétrica e não-reflexiva.	Noção intuitiva de classificação com possibilidade de empate por similaridade. $R \neq 0$
Ordem Parcial	$aPb \Rightarrow g(a) > g(b)$	$P$ : Assimétrica e transitiva; $I$ : Simétrica, transitiva e reflexiva; $R$ : Simétrica e não-reflexiva.	Noção intuitiva de classificação sem possibilidade de empate por similaridade. $R \neq 0$

Fonte: Vincke (1992) e Roy (1996) apud Alenca (2003)

#### 2.2.4 Conceitos Básicos Relevantes

Um critério pode ser descrito pela relação binária  $S_g$ , representando que uma ação é pelo menos tão boa quanto outra, em relação às avaliações segundo as dimensões levadas em consideração na definição de  $g$ , assumindo a hipótese de que a preferência cresce com os valores de  $g$  (ROY, 1996). Esta relação é dada por:

$$g(b) \geq g(a) \Rightarrow bS_g a \quad (2.1)$$

A avaliação de uma ação  $a$  de acordo com o critério  $j$  é representada por  $g_j$ . A representação dos diferentes pontos de vista com a ajuda de uma família de critérios  $F = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$  constitui-se em uma das partes mais delicadas na formulação dos problemas de decisão.

Cabe também neste momento fazer considerações acerca da relação de dominância, que segundo Vincke (1992), consiste em uma ordem parcial estrita. Se  $a$  domina  $b$  significa que  $a$  é superior a  $b$  sob todos os pontos de vista considerados.

Dados dois elementos do conjunto de ações  $A$ ,  $a$  domina  $b$  ( $aDb$ ), se e somente se:

$$g_j(a) \geq g_j(b), \quad j = 1, 2, \dots, n,$$

onde pelo menos uma das inequações é estrita.

Uma ação  $a$  é não-dominada ou eficiente, se e somente se, é impossível encontrar em  $A$  uma outra solução  $b$  que tenha melhor performance em relação a um critério, sem ter uma pior performance em pelo menos um outro critério (ROY, 1996).

Os conceitos apresentados anteriormente acerca dos limiares de indiferença e preferência exigem uma maior formalização. Roy (1996) explicita o limiar de indiferença por uma função  $q(g(a))$ , que pode ser constante em algumas ocasiões, e tem por função representar um limite superior para a diferença  $g(a) - g(b)$ , tal que, qualquer valor desta diferença inferior ao  $q$ , não é suficiente para garantir a preferência estrita de  $a$  sobre  $b$ , ou até mesmo a preferência fraca. Este mesmo autor denota o limiar de preferência por uma função  $p(g(a))$ , podendo ser constante, que representa um limite inferior  $p$  para a diferença  $g(a) - g(b)$ , abaixo do qual não é suficiente para optar por uma preferência estrita de  $a$  sobre  $b$ .

Por fim, é importante para a compreensão dos conhecimentos abordados em seqüência a este ponto a noção de taxa de substituição. Esta pode ser definida como uma quantidade que deve ser adicionada ao critério de referência para compensar a perda de uma unidade no critério  $j$ , ou seja, a taxa de substituição em  $a$  de um critério  $j$  com respeito ao critério  $k$  é uma quantidade  $S_{jk}(a)$ , tal que a ação  $b$ , cujas avaliações são descritas a seguir, é indiferente a  $a$  (VINCKE, 1992):

$$\begin{aligned} g_l(a) &= g_l(b) \quad \forall l \neq j, k \\ g_j(b) &= g_j(a) - 1 \\ g_k(b) &= g_k(a) + S_{jk}(a) \end{aligned} \tag{2.2}$$

### 2.2.5 Métodos de Apoio Multicritério a Decisão

Os métodos de Apoio Multicritério a Decisão procuram esclarecer o processo decisório, tentando incorporar os julgamentos de valores dos agentes de decisão, na intenção de acompanhar a maneira como se desenvolvem as preferências, e entendendo o processo como aprendizagem (GOMES, 2002).

Segundo Roy (1977, 1985) *apud* Gomes (2002), o AMD apresenta visão prescritivista e construtivista dos problemas. A visão prescritivista é uma visão do mundo como este se apresenta, portanto, sob este conceito os modelos depois de prontos são apresentados ao decisor que opta por utilizá-los ou não. Um modelo prescritivista “descreve primeiramente um modelo de preferências para depois fazer prescrições com base em hipóteses normativas que

---

são validadas pela realidade descrita” (GOMES, 2002, p.76). A visão construtivista é uma visão do mundo por meio de processos idealizados, sendo os modelos construídos utilizando o processo decisório, o que permite a participação dos atores durante todas as fases do processo de apoio a decisão.

Quanto aos algoritmos dos métodos do AMD, Gomes (2002) fornece uma classificação relativa à teoria principal em que se baseiam:

- *Abordagem da Escola Americana ou do Critério Único de Síntese*: permite a definição de uma função que busca agregar os valores de cada alternativa sujeita a cada critério. A importância relativa de cada critério advém do conceito de taxa de substituição de um critério em relação ao outro. Esta teoria assume que todos os estados são comparáveis e que existe transitividade nas relações de preferência e indiferença.
- *Abordagem da Escola Francesa ou de Subordinação e Síntese*: busca construir relações de sobreclassificação, as quais representam as preferências estabelecidas pelo decisor e buscam explorá-las de tal forma que auxiliem o decisor na solução do problema. Sua principal diferença em relação à escola americana é a permissão da possibilidade de incomparabilidade entre alternativas.
- *Abordagem de Métodos Interativos*: objetivam apoiar e melhorar os processos de decisão, principalmente em tarefas complexas e mal estruturadas. Utilizam a abordagem de tentativa e erro.
- *Abordagem Híbrida*: atribuída a métodos que utilizam conceitos de duas ou mais das escolas anteriores.
- *Abordagem de métodos em outras Escolas*: são escolas que não utilizam os conceitos das abordagens anteriores, como por exemplo, a Escola Holandesa e a PO SOFT.

A seguir são apresentados alguns dos métodos multicritério: a Teoria da Utilidade Multiatributo, a família de métodos ELECTRE e a família de métodos PROMETHEE, apresentada com mais detalhes.

#### 2.2.5.1 Teoria da Utilidade Multiatributo

A Teoria da Utilidade Multiatributo, frequentemente denominada de MAUT (do inglês, *Multi-Attribute Utility Theory*), derivou da Teoria da Utilidade, proveniente da Escola Americana. Consiste na agregação de diferentes atributos com critério único de síntese, que equivale a uma compensação entre os mesmos, o que segundo Vincke (1992) sugere uma

---

quantidade que contrabalancei a desvantagem em um critério, em relação à vantagem em outro. Por este motivo é chamado de método compensatório.

Em um problema de decisão, quando procuramos estabelecer um processo de escolha entre mais de uma alternativa ou ação, estamos normalmente buscando maximizar um objetivo. Isso envolve determinar uma medida sobre as conseqüências de um problema.

A Teoria da Utilidade permite avaliar tais conseqüências através de um processo de elicitación de preferências que procura incorporar ao problema o comportamento do decisor em relação ao risco. Esse processo permite criar uma nova escala, a escala de *utilidade*, que estabelece para cada conseqüência um valor de utilidade. A teoria da utilidade permite a modelagem desse comportamento em relação às incertezas existentes nos atributos ou critérios envolvidos no problema e a determinação da função utilidade do atributo.

A utilidade é um valor adimensional atribuído a cada conseqüência e expressa o grau de importância que aquela conseqüência ocupa na preferência geral do decisor. Uma função  $u$ , que associa um número real  $u(x)$  para cada  $x$  no espaço de avaliação, é chamado de função utilidade (unidimensional) se representa a estrutura de preferências do tomador de decisões de forma que se:

$$\begin{aligned} a \sim b &\Leftrightarrow u(a) = u(b) \\ a \succeq b &\Leftrightarrow u(a) \geq u(b) \end{aligned} \quad (2.3)$$

Segundo Gomes et al. (2002), a elicitación da função utilidade para as conseqüências de um problema de decisão pode ser realizada através de duas técnicas:

- *Avaliação direta* - envolve inicialmente a identificação pelo decisor das conseqüências de maior e menor preferência ( $x^*$  e  $x^0$ , respectivamente), que serão os valores extremos da escala. Os demais valores são obtidos através da determinação da probabilidade de indiferença ( $\pi$ ) entre cada conseqüência e a loteria  $\langle x^*, \pi; x^0 \rangle$  (onde  $\pi$  é a probabilidade de obter a conseqüência  $x^*$  e  $1-\pi$  é a probabilidade de obter a conseqüência  $x^0$ ). Esta técnica se limita a problemas com poucas conseqüências.
- *Levantamento da Função Utilidade* – É baseado no procedimento da avaliação direta, porém permite que, a partir da utilidade de algumas conseqüências, seja ajustada uma curva cuja equação, denominada de Função Utilidade, possibilita determinar a utilidade de qualquer conseqüência no intervalo predefinido. É aplicada a problemas com um número maior de conseqüências.

---

No conjunto de métodos de Apoio Multicritério a Decisão o MAUT é o único que recebe o nome de teoria. Esta distinção está associada à forma como se obtém a função utilidade multiatributo. Como teoria, a determinação da função está associada à confirmação da relação que existe entre a estrutura axiomática da teoria e a estrutura de preferências do decisor. Como método, esta confirmação não é efetuada, pelo menos em alguns estágios do processo de análise (GOMES, 2002).

#### 2.2.5.2 Família de métodos ELECTRE

A família ELECTRE (do francês, *Elimination et Choix Traduisant la Réalité*) é uma família de métodos de origem francesa, inicialmente proposta por Benayoun, Roy e Sussman em 1966 e posteriormente desenvolvida por Bernard Roy. É composta por um conjunto de métodos, cada uma aplicável a uma situação diferente. Estes são:

- Método ELECTRE I – procura selecionar um conjunto de alternativas dominantes. É indicado para problemática de escolha (P. $\alpha$ );
- Método ELECTRE II – resulta num ranking das alternativas não dominadas, sendo indicado para problemática de ordenação (P. $\gamma$ );
- Método ELECTRE III – aplicável aos casos onde a família do pseudo-critério é agregada. Usado para problemática de ordenação (P. $\gamma$ );
- Método ELECTRE IV – usado para problemática de ordenação (P. $\gamma$ ), sem uso de pesos para os critérios;
- Método ELECTRE IS – indicado para problemáticas de escolha (P. $\alpha$ ) e para a família de estrutura de pseudo-critério;
- Método ELECTRE TRI – Usado para problemática de classificação (P.  $\beta$ ) em que o objetivo é dividir as alternativas em categorias distintas a partir de seus valores intrínsecos.

O método ELECTRE explora o conceito de dominância. É utilizado um índice de concordância para medir a vantagem relativa de cada alternativa sobre as demais. De forma similar é definido um índice de discordância, que mede a relativa desvantagem (VINCKE, 1992). Assume-se que o decisor é capaz de fornecer informações intercritérios, representadas pelos pesos.

### 2.2.5.3 Família de métodos PROMETHEE

O método PROMETHEE (do inglês, *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) foi proposto pela primeira vez em 1982 (BRANS, 1982 *apud* ALENCAR, 2003), não cessando, desde então, de ser objeto de desenvolvimento e adaptações complementares.

O PROMETHEE pertence à classe dos métodos de sobreclassificação e baseia-se em duas etapas: (1) construção de uma relação de sobreclassificação, agregando informações entre os critérios e as alternativas e (2) exploração dessa relação para apoio à decisão (BRANS & MARESCHAL, 2002 *apud* ALMEIDA & COSTA, 2003). A etapa de construção engloba o Enriquecimento da Estrutura de Preferência, na qual a noção de critério generalizado é introduzida com a finalidade de captar a amplitude das diferenças entre as avaliações de cada um dos critérios; e o Enriquecimento da Estrutura de Dominância, onde é estabelecido, para cada par de ações, um grau de preferência global de uma ação sobre a outra. Na fase de exploração tem-se o Apoio a Decisão, no qual a relação de sobreclassificação de valor é explorada visando esclarecer melhor o decisor acerca do desempenho de cada alternativa (ALENCAR, 2003).

No Enriquecimento da Estrutura de Preferência as comparações por pares entre as ações do conjunto  $A$  dão lugar a uma relação de dominância natural (I, P), tal que:

$$\forall a, b \in A: \begin{cases} \| g_j(a) > g_j(b) \Leftrightarrow aP_j b \\ \vee g_j(a) = g_j(b) \Leftrightarrow aI_j b \end{cases}$$

No caso de comparações paritárias, observa-se as diferenças entre os valores das alternativas dentro de cada critério:

$$d_j(a, b) = g_j(a) - g_j(b) \quad (2.4)$$

Para pequenas diferenças, o decisor posicionará uma pequena preferência para a melhor alternativa, enquanto que para grandes diferenças, uma maior preferência será posicionada. Essas preferências assumirão um número real variando entre 0 e 1, o que significa que para cada critério  $g_j(\cdot)$ , o decisor terá uma função do tipo:

$$P_j(a, b) = P_j \left[ d_j(a, b) \right] \quad a, b \in A, \text{ onde } 0 \leq P_j(a, b) \leq 1 \text{ e,} \quad (2.5)$$

$$\begin{cases} d_j(a, b) \leq 0 \Rightarrow P_j(a, b) = 0 \\ d_j(a, b) > 0 \Rightarrow P_j(a, b) \approx 0 \\ d_j(a, b) \gg 0 \Rightarrow P_j(a, b) \approx 1 \\ d_j(a, b) \gg \gg 0 \Rightarrow P_j(a, b) = 1 \end{cases}$$

Onde  $P_j(a, b) = 0$  denota uma inexistência de preferência,  $P_j(a, b) \approx 0$  uma preferência fraca,  $P_j(a, b) \approx 1$  uma preferência forte e  $P_j(a, b) = 1$  uma preferência estrita.

O par  $\{g_j(a), P_j(a, b)\}$  é chamado critério generalizado associado ao critério  $g_j(\cdot)$ .

Trata-se simplesmente do critério de avaliação completado pela sua função de preferência. É uma informação complementar importante e, Brans & Mareschal (1992) *apud* Alencar (2003) propõem um conjunto de seis tipos de critério generalizado ao decisor, que podem ser visualizados na tabela 2.5. A escolha é feita interativamente pelo analista e pelo decisor levando-se em conta os graus de preferência em função das diferenças observadas. Em cada caso é preciso fixar no máximo dois parâmetros (BRANS & MARESCHAL, 1992 *apud* ALENCAR, 2003).

Tabela 2.5 – Critérios gerais para o PROMETHEE

Tipo de Função de Preferência	se	então
<b>I – Critério Usual</b> (não há parâmetro a ser definido)	$g_j(a) - g_j(b) > 0$ $g_j(a) - g_j(b) \leq 0$	$P_j(a, b) = 1$ $P_j(a, b) = 0$
<b>II – Quase-Critério</b> (define-se o parâmetro q)	$g_j(a) - g_j(b) > q$ $g_j(a) - g_j(b) \leq q$	$P_j(a, b) = 1$ $P_j(a, b) = 0$
<b>III – Preferência Linear</b> (define-se o parâmetro p)	$g_j(a) - g_j(b) > p$ $0 < g_j(a) - g_j(b) \leq p$ $g_j(a) - g_j(b) \leq 0$	$P_j(a, b) = 1$ $P_j(a, b) = [g_j(a) - g_j(b)] / p$ $P_j(a, b) = 0$
<b>IV – Pseudo-Critério</b> (definem-se os parâmetros q e p)	$g_j(a) - g_j(b) > p$ $q < g_j(a) - g_j(b) \leq p$ $g_j(a) - g_j(b) \leq q$	$F_j(a, b) = 1$ $P_j(a, b) = 1/2$ $P_j(a, b) = 0$
<b>V – Área de Indiferença</b> (definem-se os parâmetros q e p)	$g_j(a) - g_j(b) > p$ $q < g_j(a) - g_j(b) \leq p$ $g_j(a) - g_j(b) \leq q$	$P_j(a, b) = 1$ $P_j(a, b) = [ g_j(a) - g_j(b)  - q] / (p - q)$ $P_j(a, b) = 0$
<b>VI – Critério Gaussiano</b> (o desvio padrão deve ser fixado)	$g_j(a) - g_j(b) > 0$ $g_j(a) - g_j(b) \leq 0$	$P_j(a, b) = 1 - e^{-\frac{(g_j(a) - g_j(b))^2}{\sigma_j^2}}$ $P_j(a, b) = 0$

Fonte: adaptada de Cavalcante (2003, p. 125)

No critério do tipo I, ou Usual, qualquer diferença entre a avaliação das alternativas de um determinado critério implica numa situação de preferência estrita. A situação de indiferença ocorre quando duas alternativas apresentam desempenho equivalente. Nenhum parâmetro precisa ser determinado pelo decisor e o sistema relacional de preferência é uma pré-ordem completa.

O Quase-Critério considera as alternativas indiferentes enquanto a diferença entre as suas avaliações não ultrapassa o limiar de indiferença, q; acima deste limiar, a preferência é estrita. Um só parâmetro (q) deve ser fixado. Este tipo de critério está relacionado à noção e

---

semi-ordem introduzida por D. Luce (1956) (BRANS & MARESCHAL, 2002 *apud* ALENCAR, 2003).

O critério de Preferência Linear permite ao decisor preferir  $a$  e  $b$  em função da diferença observada entre  $g_j(a)$  e  $g_j(b)$ , onde o grau de preferência cresce linearmente até que o limiar de preferência  $p$  seja atingido. Após esse limiar, a preferência é estrita (BRANS & MARESCHAL, 2002 *apud* ALENCAR, 2003).

No critério Tipo IV  $a$  e  $b$  são consideradas como indiferentes até que a diferença entre  $g_j(a)$  e  $g_j(b)$  não ultrapasse  $q$ ; entre  $q$  e  $p$ , o grau de preferência é fraco e acima de  $p$  a preferência se torna estrita. Brans & Mareschal (2002) *apud* Alencar (2003) afirmam que esse critério generalizado é usado com frequência quando, no início do procedimento, as avaliações são apreciações qualitativas. Como o método PROMETHEE requer avaliação numérica, é feita uma conversão de escala, de forma que a diferença entre os níveis consecutivos possua a mesma amplitude. Feito isso, pode-se, por exemplo, proceder de forma que uma diferença de um nível dê lugar a uma indiferença; uma diferença de dois níveis a uma preferência fraca e uma diferença de três níveis ou mais dê lugar a uma preferência estrita.

No caso do Critério Tipo V, semelhantemente ao Tipo IV,  $a$  e  $b$  são consideradas indiferentes até que a diferença entre  $g_j(a)$  e  $g_j(b)$  não ultrapasse  $q$ . Acima desse limiar o grau de preferência cresce linearmente com esta diferença, até atingir a preferência estrita a partir de  $p$ .

No critério do Tipo VI, o critério Gaussiano, a preferência aumenta segundo uma distribuição normal, e, portanto, o desvio-padrão ( $s_j$ ) deve ser fixado, além dos parâmetros  $q$  e  $p$ .

Uma vez que se tenha determinado as avaliações de cada alternativa, os pesos dos critérios e os critérios generalizados, pode-se dar início ao procedimento PROMETHEE.

Estabelecidas as intensidades das preferências, obtém-se então o índice de preferência multicritério (grau de sobreclassificação) [ $\pi(a, b)$ ], que é calculado para cada par ordenado de alternativas pela seguinte expressão:

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^k P_j(a, b) \times p_j$$

---

$$\text{onde } \sum_{j=1}^k p_j = 1 \quad (2.4)$$

com  $p_j > 0$  e onde  $j=1,2,\dots,k$ , são os pesos representando a importância relativa de cada critério.

Segundo Brans & Mareschal (1998) *apud* Alencar (2003) o grau de sobreclassificação  $[\pi(a,b)]$  está expressando como e com que grau  $a$  é preferível a  $b$  sobre todos os critérios; e

$[\pi(b, a)]$  expressa como  $b$  é preferível a  $a$ . Tanto  $\pi(a, b)$  quanto  $\pi(b, a)$  são normalmente positivos. Verifica-se que:

$$\left\{ \begin{array}{l} \pi(a, a) = 0 \\ 0 \leq \pi(a, b) \leq 1 \end{array} \right. \quad \forall a, b \in A$$

Sendo claro que:

- $\pi(a, b) \sim 0$  implica em uma preferência global de  $a$  sobre  $b$ ;
- $\pi(a, b) \sim 1$  implica em uma forte preferência global de  $a$  sobre  $b$ .

Com o intuito de explorar essa relação de sobreclassificação para apoiar decisões, foi proposta a idéia de fluxos de sobreclassificação, que fornecem uma noção de como cada alternativa de  $A$  se comporta diante das  $(n-1)$  outras ações:

- *Fluxo positivo de sobreclassificação*  $[\Phi^+(a)]$  – chamado de *fluxo de saída*, representa a média de todos os graus de sobreclassificação de  $a$  com respeito a todas as outras alternativas, dada pela expressão:

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{\substack{b=1 \\ b \neq a}}^n$$

---


$$\frac{\pi(a,b)}{n-1} \quad (2.5)$$

Expressa a intensidade de preferência de  $a$  sobre todas as outras alternativas, portanto, quanto maior for  $\Phi^+(a)$ , melhor a alternativa.

– *Fluxo negativo de sobreclassificação* [ $\Phi^-(a)$ ] – chamado de *fluxo de entrada*, representa a média de todos os graus de sobreclassificação de todas as outras alternativas com respeito a  $a$ , dada pela expressão:

$$\Phi^-(a) = \sum_{\substack{b=1 \\ b \neq a}}^n \frac{\pi(b,a)}{n-1} \quad (2.6)$$

Esse fluxo representa a intensidade de preferência de todas as outras alternativas sobre  $a$ , portanto, quanto menor o valor dele, melhor a alternativa.

– *Fluxo Líquido de sobreclassificação* [ $\Phi(a)$ ] – expressa o balanço entre o poder e a fraqueza da alternativa. Quanto maior  $\Phi(a)$ , melhor a alternativa. É dado por:

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (2.7)$$

---

O fluxo líquido pode ser positivo ou negativo. No caso onde é positivo, a ação sobreclassifica mais as outras do que é sobreclassificada, ou seja, expressa a vantagem dessa alternativa sobre todas as outras; caso contrário, o fluxo líquido será negativo (ALENCAR, 2003).

As implementações do PROMETHEE são descritas na literatura (BRANS & MARESCHAL, 2002 *apud* ALMEIDA & COSTA, 2003):

- PROMETHEE I – onde a interseção entre os fluxos estabelece uma relação de sobreclassificação parcial entre as alternativas;
- PROMETHEE II – classifica as alternativas, estabelecendo uma ordem decrescente do fluxo líquido, o que fornece uma ordem completa entre as alternativas;
- PROMETHEE III e IV – desenvolvidos para o tratamento de problemas de decisão mais sofisticados, em particular com um componente estocástico. PROMETHEE IV envolve o caso de um conjunto contínuo de ações  $A$  que surge quando as ações são, por exemplo, percentagens, dimensões de um produto, investimentos etc;
- PROMETHEE V – neste método, após estabelecer-se uma ordem completa entre as alternativas (PROMETHEE II), são introduzidas restrições, identificadas no problema, para as alternativas selecionadas, incorporando-se uma filosofia de otimização inteira;
- PROMETHEE VI – desenvolvido para suportar o contexto de quando o decisor não está apto ou não quer definir os pesos para os critérios, podendo-se especificar intervalos de possíveis valores em vez de um valor fixo para cada peso.

---

### **3 REVISÃO DA LITERATURA**

Esta seção pretende abordar como a avaliação dos projetos submetidos à seleção vem sendo feita e quais métodos são mais frequentemente utilizados. Primeiramente serão discutidas as metodologias empregadas na seleção de portfólios de uma forma generalizada e, posteriormente, aquelas aplicadas ao contexto dos projetos de P&D, para por fim abordamos as metodologias propostas para o caso particular de uma empresa. Porém, deve-se atentar para o fato de que o objetivo principal de todas estas metodologias é estabelecer um portfólio de projetos que atenda as exigências organizacionais, levando em consideração os objetivos estratégicos e a disponibilidade orçamentária, de recursos e de tempo.

Muitas das metodologias existentes na literatura são consideradas de difícil aplicação devido ao fato de requererem muitas informações para que possam ser aplicadas (GUSMÃO, 2005). Cada metodologia apresenta suas particularidades, e com isso, vantagens e desvantagens. Algumas são mais flexíveis, incorporando diferentes métodos de seleção, de forma que o decisor possa escolher interativamente o melhor procedimento para chegar a um portfólio satisfatório. Diversos critérios são levados em consideração, de forma a incorporar não apenas os benefícios advindos do desenvolvimento de determinado projeto, mas também o risco associado a ele.

Algumas das complicações inerentes à seleção de portfólio em todos os campos de aplicação consistem na previsão sobre os impactos futuros do desenvolvimento de determinados projetos e na determinação de um portfólio que atenda aos interesses, muitas vezes conflitantes, dos decisores. Deve-se atentar ainda para o fato de que o desenvolvimento de determinados projetos pode não acarretar benefícios monetários perceptíveis, mas em longo prazo são responsáveis por benefícios estratégicos e podem implicar em vantagem competitiva para a organização.

Poucos métodos levam em consideração as implicações resultantes das combinações de diferentes formas de investimentos ou de projetos, tornando a associação dos projetos candidatos um fator difícil de ser trabalhado e negligenciado por muitos processos de seleção de portfólios. Desse modo, a avaliação estratégica do desenvolvimento em paralelo de diferentes projetos constitui um desafio para as organizações.

---

### 3.1 Seleção de Portfólios em Geral

Segundo Archibald (1992) *apud* Archer & Ghasemzadeh (1999), projeto pode ser definido como um esforço complexo, com duração geralmente inferior a três anos, formado por atividades relacionadas, executadas por várias organizações, com objetivo, programação e orçamento bem definidos. Por conseguinte, um portfólio de projetos seria um conjunto de projetos considerados para execução por uma organização particular.

Os projetos considerados para compor um portfólio devem competir por recursos escassos disponibilizados pela organização, uma vez que dificilmente existirão recursos suficientes para executar todos os projetos propostos. A seleção de portfólio consiste em determinar quais projetos satisfazem os objetivos declarados da organização de uma maneira desejável, a partir das propostas de novos projetos e dos projetos atualmente em andamento, sem exceder os recursos disponíveis ou violar outras restrições.

Normalmente existe uma quantidade maior de projetos disponíveis para seleção do que a quantidade que pode ser empreendida pela empresa em função de suas limitações. Assim, escolhas devem ser feitas para compor um portfólio de projetos satisfatório em atividades tais como pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, implementação de novos sistemas, processos na manufatura, sistemas de informação e construção de projetos.

Archer & Ghasemzadeh (1999) dividem o processo de seleção de portfólio e avaliação de projeto em três fases: Considerações Estratégicas, Avaliação Individual de Projeto e Seleção de Portfólio.

As técnicas usadas na primeira fase buscam auxiliar na determinação de um foco estratégico e na alocação do orçamento total para o portfólio. Estas considerações podem ser usadas para construir uma ampla perspectiva de direção e foco estratégicos, além de iniciativas específicas para a obtenção de vantagem competitiva. A estratégia deve ser usada para desenvolver um objetivo para o portfólio de projetos e o nível de recursos requeridos por este portfólio (GUSMÃO, 2005).

Matrizes de portfólio de projetos têm sido usadas para avaliar o posicionamento estratégico da empresa, onde são mostrados vários critérios para a posição de uma empresa em uma ou mais apresentações em duas dimensões descritivas. Estas apresentações podem ser usadas pelos decisores para avaliar a posição atual da organização e onde gostariam que a empresa estivesse no futuro.

Para amenizar a complexidade e dificuldade de uso, assim como a necessidade de grandes quantidades de dados de entrada, o processo de seleção de portfólios deve ser

---

organizado de uma forma lógica em que cada estágio se mova a partir de perspectivas *top-down* (considerações estratégicas) e *bottom-up* (considerações de projeto individual), através de uma análise integrada dos projetos mais prováveis de serem selecionados (ARCHER & GHASEMZADEH, 1999).

O benefício proveniente dos métodos de Avaliação de Projetos é medido em termos da contribuição individual de cada projeto a um ou mais objetivos do portfólio. Segundo Gusmão (2005), a Avaliação Individual dos Projetos inclui técnicas como:

- *Retorno Econômico*: inclui Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Retorno do Investimento Original (ROI), Retorno do Investimento Médio (RIM), Tempo de Retorno (TR) e Valor Esperado (VE). É possível fazer considerações sobre o risco em várias fases do projeto baseando-se em TIR ou VPL.
- *Análise Custo/Benefício*: envolve o cálculo de uma relação custos/benefícios, onde os dados de entrada podem ser derivados dos cálculos do valor presente tanto dos benefícios quanto dos custos do projeto, colocando-os em uma mesma base de tempo.
- *Risco*: é uma combinação da probabilidade de um evento e as conseqüências associadas a esse evento. Para analisar o risco do projeto, este deve ser primeiramente decomposto em atividades, formando a estrutura fragmentada de trabalho do projeto. Eventos de risco relacionados a cada atividade são então identificados, e as probabilidades e conseqüências dos mesmos são estimadas. Modelos usados na análise de risco incluem Simulação Monte Carlo, Teoria da Decisão, Teoria Estatística de Bayes e Teoria da Decisão associada com metodologias de Diagrama de Influência.
- *Metodologias de Pesquisa de Mercado*: podem ser usadas para coletar dados para prever a demanda de novos produtos ou serviços, baseadas nos conceitos ou protótipos apresentados aos consumidores potenciais, para medir o mercado potencial. As técnicas usadas incluem painéis com os consumidores, mapeamento de preferências, entre muitas outras.

A complexidade do processo de decisão e o intervalo de tempo requerido para escolher o portfólio aumentam geometricamente com o número de projetos considerados (GUSMÃO, 2005). Por esta razão processos de apresentação deveriam ser usados para eliminar projetos que são claramente deficientes com antecedência, antes que a fase de seleção de portfólio do processo comece.

---

Por fim, a fase de Seleção de Portfólio busca obter uma ordenação desejável dos projetos, envolvendo a comparação simultânea destes em dimensões particulares. Projetos que obterem melhor colocação serão selecionados para o portfólio e estarão sujeitos às disponibilidades de recursos. Esta etapa costuma lidar com objetivos múltiplos e conflitantes e os projetos podem ser altamente interdependentes.

Gusmão (2005) considera as seguintes classes de técnicas de Seleção de Portfólio:

- *Metodologias ad hoc* – tais como (1) *Profiles*, que consiste e uma forma de modelo de ordenação, onde os limites são estabelecidos para os vários níveis de atributo de um projeto, e os projetos que não atendam a estes limites são eliminados, e (2) Seleção Interativa, que envolve um processo interativo entre os projetos analisados e os decisores responsáveis até que a escolha dos melhores projetos seja feita.
- *Metodologias de comparação* – incluem Q-Sort, comparação par-a-par, o Processo de Análise Hierárquica (AHP), comparações sucessivas, entre outros. Nestes métodos, primeiro os pesos dos diferentes objetivos são determinados, a seguir as alternativas são comparadas em face das suas contribuições para estes objetivos, e finalmente um conjunto de medidas dos benefícios dos projetos é computado. Uma vez que os projetos tenham sido organizados em uma base comparativa, os decisores podem, a partir do topo da lista, ir selecionando projetos até que os recursos disponíveis se esgotem. A maior desvantagem do Q-Sort, da comparação par-a-par e do AHP é o grande número de comparações envolvidas, tornando esses métodos difíceis de serem usados para comparar grandes números de projetos. Além disso, sempre que um projeto é adicionado ou excluído da lista, o processo deve ser repetido.
- *Modelos de ordenação* – usam um número relativamente pequeno de critérios de decisão, tais como custo, mão-de-obra disponível, probabilidade de sucesso, entre outros, para especificar a desejabilidade dos projetos. A contribuição de cada projeto é determinada em relação a cada critério. As avaliações são então combinadas para se obter uma medida de benefício total para cada projeto. A maior vantagem em relação às metodologias de comparação é que os projetos podem ser adicionados ou excluídos sem ser necessário recalcular a avaliação dos outros projetos.
- *Matrizes de Portfólio* – podem ser usadas como ferramentas de tomada de decisão estratégica e também para priorizar e alocar recursos entre os projetos competidores. Baseiam-se em representações gráficas dos projetos sob consideração em duas dimensões, como probabilidade de sucesso e o valor econômico esperado, por exemplo. Isto permite

---

uma representação dos projetos nas dimensões apresentadas para que os mesmos possam ser selecionados.

- *Modelos de Otimização* – selecionam da lista de projetos candidatos um conjunto que provê o máximo benefício em relação a critérios determinados. Estes modelos são geralmente baseados em alguma forma de programação matemática, para apoiar o processo de otimização e para incluir características dos projetos tais como dependências e restrições de recurso, características técnicas e de mercado, ou considerações de programa. Alguns destes modelos também apóiam análises de sensibilidade, mas a maioria não parece ser usada extensivamente na prática, principalmente devido à necessidade de grande quantidade de dados de entrada, a incapacidade da maioria destes modelos de incluir considerações de risco e a complexidade inerente aos modelos.

Muitas técnicas de seleção de portfólio não consideram as exigências de dependência de tempo dos projetos em relação ao uso dos recursos, assumindo implicitamente que todos os projetos selecionados começarão imediatamente. Isto não está de acordo com a realidade da gestão de projetos. Os projetos devem ser programados para usarem os recursos no tempo devido e devem ser completados dentro dos intervalos planejados.

Archer & Ghasemzadeh (1999) estabelecem algumas proposições valiosas para a seleção de portfólio de projetos:

- Proposição 1: decisões estratégicas em relação ao foco do portfólio e às considerações do orçamento total devem ser tomadas em um contexto mais amplo, que leve em consideração fatores externos e internos do negócio, antes do portfólio de projeto ser selecionado.
- Proposição 2: uma estrutura de seleção de projetos deve ser flexível o suficiente, de forma que os *stakeholders* possam escolher com antecedência técnicas particulares ou metodologias com as quais eles se sintam confortáveis para analisar os dados pertinentes e fazer escolhas sobre os projetos que possuem.
- Proposição 3: para simplificar o processo de seleção de portfólio, este deve ser organizado em estágios, permitindo que os decisores se movam logicamente através de uma análise integrada dos projetos mais prováveis de serem selecionados, baseados em modelos de base teórica sólida.
- Proposição 4: os usuários não devem ser sobrecarregados com dados desnecessários, mas devem ser capazes de acessar dados relevantes quando preciso.

- 
- Proposição 5: medidas comuns, que podem ser calculadas separadamente para cada projeto sob consideração, devem ser escolhidas. Essas irão permitir uma comparação igualitária dos projetos durante o processo de seleção de portfólios.
  - Proposição 6: os projetos atuais, que têm exigido grandes somas de dinheiro e cujo desenvolvimento apresenta dificuldades, devem ser reavaliados no mesmo momento em que novos projetos estão sendo considerados para seleção. Isso permite gerar um portfólio combinado dentro das restrições de recursos disponíveis a intervalos regulares devido a: (1) conclusão de projeto ou exclusão, (2) propostas de novos projetos, (3) mudanças no foco estratégico, (4) revisões dos recursos disponíveis, e (5) mudanças no ambiente.
  - Proposição 7: apresentação prévia dos projetos deve ser usada, baseada cuidadosamente em critérios especificados, para eliminar projetos claramente deficientes da análise, antes que se inicie o processo de seleção de portfólio.
  - Proposição 8: interações dos projetos através de dependências diretas ou de disputas pelos recursos devem ser consideradas na seleção de portfólio.
  - Proposição 9: a seleção de portfólio deve levar em consideração a natureza de dependência de tempo dos projetos em relação as suas exigências de recursos.
  - Proposição 10: os decisores devem ser providos de mecanismos interativos para controlar e anular seleções de portfólio geradas por qualquer algoritmo ou modelos, e eles também devem receber *feedback* sobre as conseqüências de tais mudanças.
  - Proposição 11: a seleção de portfólio deve ser adaptável a ambientes de apoio a decisão em grupo.

### **3.2 Seleção de Portfólios de P&D**

Organizações que lidam com P&D se caracterizam por alta incerteza e pela pressão para inovar. Isto fornece a motivação para o uso de ferramentas sofisticadas que avaliem as incertezas associadas a projetos e forneçam uma estrutura para auxiliar gerentes na escolha do melhor portfólio. A finalidade da decisão de portfólio de projetos é selecionar os projetos aos quais será alocado um conjunto de recursos limitados, de forma a balancear o risco e o benefício e alinhar os projetos à estratégia corporativa. No contexto de P&D estas decisões tornam-se ainda mais complexas devido ao longo tempo de execução dos projetos, contrastando com a dinâmica do mercado e da tecnologia. Adiciona-se a isto a complexidade dos projetos e a interdependência destes e dos recursos.

---

Ghasemzadeh & Archer (2000) consideram a seleção de projetos de P&D uma tarefa desafiadora e que requer conhecimento intensivo, devido ao fato de ser difícil prever o sucesso e o impacto dos projetos candidatos e por ser complexo o gerenciamento do processo de tomada de decisão, geralmente caracterizado por apresentar múltiplas fases e envolver um grupo de tomadores de decisão que podem utilizar estratégias de decisão heterogêneas. Estes autores salientam ainda que devem ser levados em consideração neste processo os objetivos e prioridades organizacionais, benefícios financeiros, benefícios intangíveis, disponibilidade de recursos e nível de risco do portfólio.

Gusmão (2005) considera três principais necessidades relacionadas à seleção de projetos de P&D: (1) relacionar os critérios de seleção às estratégias corporativas, (2) considerar os benefícios quantitativos e qualitativos, além dos riscos dos projetos candidatos e (3) conciliar e integrar as necessidades e os desejos dos diferentes *stakeholders*.

Para assegurar tomadas de decisão efetivas, os critérios devem refletir o alinhamento da estratégia de P&D e do planejamento à estratégia corporativa, pois P&D representa uma porção principal dos investimentos de muitas organizações e decisões erradas nesta área podem resultar em perda de posição estratégica no mercado. A segunda necessidade indica que, apesar de na maioria das vezes a seleção de projetos de P&D ser feita baseada somente em critérios financeiros, o fato das decisões serem administradas estrategicamente exige a consideração de outros critérios menos facilmente quantificáveis, como, por exemplo, participação no mercado e imagem corporativa. Por fim, a terceira necessidade resulta da interdependência entre P&D e outras funções organizacionais (marketing e manufatura, por exemplo). O sucesso de grande parte dos projetos depende da cooperação destas funções e a omissão delas do processo decisório pode gerar efeitos prejudiciais à organização. Todavia, ao serem consideradas, aumenta-se a complexidade e dificuldade do processo.

Vários modelos de decisão têm sido desenvolvidos para apoiar a seleção de projetos de P&D. Henriksen & Traynor (1999) *apud* Tian (2005) classifica os métodos e modelos de decisão atuais em quatro categorias:

- *Programação e Otimização Matemática* – inclui Programação Inteira (PI), Programação Linear (PL), Programação Não Linear (PNL), Programação por Objetivos (PO), Programação Dinâmica (PLD) e Otimização de Portfólio;
- *Análise da Decisão* – inclui Teoria da Decisão Multiatributo (MAUT), Árvores de Decisão, Análise de Risco, Processo de Análise Hierárquica (AHP) e pontuação;
- *Modelos Econômicos* – inclui modelos de Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente

---

Líquido (VPL), Retorno Sobre Investimento (ROI), Análise Custo/Benefício e Teoria da Opção de Avaliação;

- *Métodos Interativos* – inclui Delphi, Q-Sort, Apoio a Decisão Comportamental (BDA) e Modelos Hierárquicos Descentralizados (DHM), estes considerados muito complexos e de difícil utilização por gestores.

Oral (1991) *apud* Chu (1996) apresenta uma classificação dos modelos de decisão propostos com base na relação que estabelecem entre os critérios utilizados:

- *Modelos compensatórios* – esses modelos requerem uma função valor não ambígua que agregue e avalie o *trade-off* entre os múltiplos critérios do projeto. Podem ser usados por um único decisor ou por um grupo de decisores com estrutura de preferência comum. Enquadram-se nesta classificação a Análise Custo/Benefício, a Teoria da Utilidade Multiatributo e o Processo de Análise Hierárquica.
- *Modelos não compensatórios* – estes métodos incluem métodos de decisão multicritério (tal como métodos ELECTRE e PROMETHEE) e métodos de ordenação. O primeiro tipo requer um valor consensual para os pesos atribuídos aos atributos e para os parâmetros de expansão. Os métodos de ordenação reconhecem que as avaliações pelos diferentes decisores podem ser heterogêneas, sendo a ordenação baseada nos julgamentos subjetivos dos especialistas.

As ferramentas usualmente empregadas pela maioria das organizações para a seleção de projetos são os métodos padrão de análise financeira, tal como análise custo/benefício ou fluxo de caixa descontado. Técnicas como programação matemática não são amplamente usadas devido à diversidade natural dos projetos. Uma grande variedade de modelos para seleção de projetos vêm sendo construída ao longo dos anos, incluindo modelos de programação linear e *checklists* (COLDRICK, 2005).

Muitos dos primeiros modelos de seleção eram baseados em uma otimização aproximada, onde dado um número de projetos e um grupo de recursos, o portfólio de projetos era otimizado de acordo com um certo critério. Este procedimento usualmente envolvia a conversão dos atributos de um projeto em um valor monetário único. Existem poucas informações sobre a aplicação desses modelos anteriores nas decisões de seleção de projetos. More & Baker (1969) *apud* Coldrick (2005) sugerem que para as decisões de seleção de projetos de P&D os modelos não eram completamente satisfatórios devido à falta de dados

---

de entrada. Estes autores perceberam a importância do processo de reunião de informação como função do modelo.

Uma pesquisa conduzida por Cooper (1998) *apud* Coldrick (2005) sobre o uso de modelos de seleção em companhias observou que 20% delas usavam estratégias de negócio para alocar recursos. Apesar de muitas usarem predominantemente métodos financeiros, estes foram os que tiveram a pior performance de portfólio. Outros métodos em uso foram abordagens estratégicas, modelos de pontuação e diagramas de bolha. A conclusão dessa pesquisa foi que a melhor abordagem de gerenciamento de portfólio é o uso simultâneo de vários métodos de seleção. Quando encontra uma decisão de seleção de projetos, o tomador de decisão fica diante de uma vasta quantidade de informação e exigências conflitantes, e, a incorporação de toda essa informação em um modelo de seleção único poderia resultar no fato de o modelo tornar-se muito complexo e difícil de usar. Dessa forma, existe uma tendência de aplicação dos modelos de seleção de passar da utilização de um único método para uma abordagem composta por alguns métodos de seleção.

Pearson (1996) *apud* Coldrick (2005) afirma que o processo de seleção de projetos tem dado lugar à avaliação de projetos. Em vez de ter um orçamento dos projetos de P&D e um grupo de projetos, a situação tem consistido em assegurar que as exigências da corporação em relação aos projetos de P&D sejam cumpridas, o que não inclui somente a avaliação inicial dos projetos, mas também uma revisão contínua através do seu tempo de vida.

Apesar de existirem muitos métodos diferentes para avaliação de projetos e seleção de portfólios que têm suas próprias vantagens, nenhuma técnica individualmente leva em consideração todas as questões que devem ser consideradas na seleção de portfólio de projetos (GHASEMZADEH & ARCHER, 2000). Na tentativa de superar essa dificuldade, estes autores desenvolveram uma estrutura integrada para seleção de portfólio de projeto, que aproveita as melhores características dos métodos existentes. A estrutura proposta combina métodos que têm uma boa base retórica com outros métodos que são comumente usados por causa de suas desejáveis características de suporte a decisão. A estrutura inclui uma metodologia organizada, onde os métodos mais relevantes e apropriados podem ser selecionados pela organização e usados em cada estágio.

Entre todas as técnicas disponíveis, as de otimização são as ferramentas quantitativas mais fundamentais para seleção de portfólio de projetos e levam em consideração a maioria dos fatores relevantes. No entanto, elas têm falhado muito em ganhar a aceitação dos usuários, e poucas metodologias de modelagem deste tipo estão sendo utilizadas como apoio a tomada

---

de decisão nessa área. Uma das maiores razões para o fracasso das técnicas de otimização tradicionais é que elas prescrevem soluções para problemas de seleção de portfólio sem permitir o julgamento, conhecimento e percepção do decisor (MATHIEU & GIBSON, 1993 *apud* GHASEMZADEH & ARCHER, 2000).

Tian (2005) relata a construção de um sistema híbrido de conhecimento e modelo para seleção de projetos de P&D na *National Natural Science Foundation of China* (NSFC). O sistema utiliza ambos modelos e regras de conhecimento e apóia todo o processo de tomada de decisão. Modelos de decisão são usados para lidar com problemas de apoio a decisão bem estruturados, enquanto regras de conhecimento são apropriadas para situações de decisão não muito bem estruturadas. Eles se complementam e provêem um poderoso suporte a todo o processo de tomada de decisão.

Almeida & Costa (2003) formalizaram um processo de priorização de projetos de P&D utilizando o modelo de decisão multicritério ELECTRE I. Esse método foi escolhido em função do contexto do problema e dos atores do processo decisório, obtendo-se um procedimento estruturado para priorização e justificativas de investimentos em projetos de P&D. Nesta mesma linha, Gusmão (2005) propõe um processo de priorização de portfólio de P&D baseado no método ELECTRE IV, utilizando critérios adequados ao contexto de uma organização e seus decisores. Uma forma geral do AHP, o *Analytical Network Process* (ANP) também é empregado por Meade & Presley (2002) *apud* Gusmão (2005) para avaliar propostas de projetos de P&D.

Mikkola (2001) *apud* Gusmão (2005) e Roussel (1992) utilizam a Matriz de Portfólio de Projetos de P&D com uma ferramenta para análise de portfólio de projetos de P&D. Esta metodologia é uma ferramenta de comunicação com o propósito de identificar projetos ou produtos que forneçam benefícios aos clientes e vantagens competitivas, além de facilitar a seleção de projetos com a mais alta probabilidade de sucesso.

Eilat (2005) *apud* Gusmão (2005) descreve uma metodologia baseada no modelo de Análise Envoltória de Dados (DEA), que quantifica alguns dos conceitos qualitativos embutidos no método *Balanced Scorecard* (BSC) para a construção e análise de portfólios de projetos de P&D eficientes, efetivos e balanceados. O modelo DEA-BSC é empregado em duas versões, primeiro para avaliar projetos individuais de P&D, em seguida para avaliar alternativas de portfólios de P&D. Para gerar alternativas de portfólio, é aplicado um algoritmo de bifurcação e limite, e usada uma função de acumulação que considera possíveis interações entre projetos.

---

Ringuest (2004) *apud* Gusmão (2005) fornece um modelo adaptado da literatura de otimização financeira de portfólio, que provê meios práticos de desenvolver portfólios de projetos de P&D de riscos preferidos. Sendo um método simples e altamente intuitivo, requer a estimação de apenas dois parâmetros, o retorno esperado e o coeficiente de Gini. O coeficiente de Gini substitui a variância na variância média do modelo de dois parâmetros e resulta em uma habilidade de apresentação superior. Esta técnica é apropriada aos decisores aversos ao risco.

Freqüentemente são considerados critérios de seleção tradicionais, tais como lucro esperado e a probabilidade de sucesso do portfólio de projetos selecionado. Porém, outro critério importante que geralmente é omitido do processo de seleção por sua complexidade matemática é a programação, ou seja, o tempo que levará para completar o grupo de projetos selecionado (COFFIN & TAYLOR, 1996 *apud* GUSMÃO, 2005). O que ocorre com freqüência é os projetos serem programados após terem sido selecionados. Se os projetos do portfólio excederem o tempo de conclusão proposto, os projetos que parecem mais longos são substituídos por projetos de duração menor, ou o escopo dos projetos é modificado para sintetizá-lo. Tal fato pode provocar a obtenção de um grupo menor do que o ótimo de projetos originais.

Coffin & Taylor (1996) *apud* Gusmão (2005) apresentam um modelo de seleção que inclui programação de projeto no processo de seleção através de um método que combina a lógica *fuzzy* com uma metodologia de *beam search* (metodologia de inteligência artificial) usado para avaliar portfólios de projeto. A lógica *fuzzy* consiste em uma metodologia que considera múltiplos critérios em um problema, e, o *beam search* é um método de solução no qual são considerados apenas os melhores ramos de uma árvore de procura do espaço de solução (GUSMÃO, 2005).

Recentemente, Sistemas de Apoio a Decisão (SAD) têm sido desenvolvidos e usados para a seleção de projetos de P&D, de forma a facilitar o uso dos modelos e apoiar atividades de decisão (GHASEMZADECH & ARCHER, 2000). Estes sistemas trazem ainda o benefício de melhorar a aceitabilidade por gestores dos métodos propostos, através da interface e suporte computacional. Contudo, é importante salientar que, apesar de alguns destes SAD serem úteis, muitos deles usam métodos e modelos de decisão para tarefas específicas e falham no suporte de todo o processo de tomada de decisão no nível organizacional.

---

### 3.3 Desafios para trabalhos futuros na área de seleção de portfólios de P&D

A partir da revisão desenvolvida acerca dos trabalhos existentes na área de seleção de portfólios de projetos de P&D pode-se tirar algumas conclusões e propor metas para futuros trabalhos.

Em primeiro lugar, é extremamente clara a necessidade de metodologias que permitam ao decisor considerar a estratégia corporativa. Uma característica também desejada aos métodos é a capacidade de considerar critérios tanto quantitativos quanto qualitativos, permitindo uma análise integrada de todos os critérios.

Atualmente, grande parte dos processos de decisão realizados nas organizações é em grupo. Portanto, as novas metodologias devem cada vez mais se aprimorar no sentido de permitir que vários *stakeholders* participem do processo, isso ocorrendo não apenas quando a estrutura de preferência destes for comum, mas que o método permita agregar com facilidade várias estruturas de preferência.

É interessante ressaltar ainda a importância de visualizar-se um modelo através das informações que utiliza e que fornece ao decisor. Requisita-se um modelo que necessite de uma quantidade sucinta de dados, e, que tais dados sejam de fácil obtenção e estimação. Deseja-se também que os resultados sejam apresentados de forma objetiva e clara, através das informações estritamente necessárias para a solução do problema.

A ênfase dada à obtenção de uma estrutura integrada de métodos não é à toa. É de grande valia o desenvolvimento de estruturas que permitam o decisor escolher qual método considera melhor para ser aplicado ao problema em questão, tanto em relação às características do problema, como por maior afinidade e conhecimento do método pelo decisor. O desafio consiste em obter essa estrutura aliada a facilidade de uso, requerendo poucos dados e trabalho.

Estudos podem ser desenvolvidos ainda acerca das variáveis a serem utilizadas na seleção de portfólio de P&D. Variáveis que permitam avaliar características realmente relevantes à seleção de portfólio, que sejam ao mesmo tempo de fácil mensuração, estando inclusas neste ponto as variáveis relacionadas a questões estratégicas.

Cada vez mais os decisores buscam executar o processo decisório utilizando ferramentas de apoio a decisão com suporte computacional. O desenvolvimento de SAD que suportem esse tipo de decisão permite maior facilidade de uso sem perder vantagem na precisão, pois este objetivo pode ser atingido através de uma metodologia robusta que tire

---

vantagem de interfaces amigáveis. A utilização de um SAD favorece também as decisões em grupo.

Por fim, é importante destacar que a literatura apresenta várias aplicações de métodos compensatórios a seleção de portfólio, porém trabalhos que abordem a utilização de métodos não compensatórios para este fim são escassos, apesar de muitos autores revelarem a aplicabilidade destas ferramentas.

Isto posto, identifica-se como desafio a construção de uma modelagem de fácil utilização, que permita considerar retornos financeiros e benefícios estratégicos dos projetos, baseando-se na combinação de diferentes projetos para a construção do portfólio na área de P&D.

### **3.4 A Aplicação de Modelos de Seleção de Portfólio de P&D no contexto da Companhia Energética de Pernambuco (CELPE)**

A CELPE tem a concessão pública para distribuir energia elétrica em todo o estado de Pernambuco, na ilha Fernando de Noronha e no município de Pedra de Fogo no estado da Paraíba. Tem seu suprimento de energia elétrica atendido pela Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), pela Termopernambuco – usina de geração térmica pertencente ao mesmo grupo empresarial da CELPE – e geração própria minoritária localizada na ilha Fernando de Noronha (CELPE, 2006).

No contexto do setor energético brasileiro, ao qual a empresa se encontra relacionada, o portfólio de P&D das concessionárias de energia deve ser submetido a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que é responsável por avaliar cada projeto do portfólio apresentado. Portanto, os projetos que constituem o portfólio de projetos de P&D da CELPE apresentam um modelo padrão definido por esta agência reguladora.

Os projetos aprovados pela ANEEL constituirão a carteira de projetos de P&D da empresa para o ciclo correspondente e requerem um valor de investimento maior ou igual ao mínimo para aplicação estabelecido pela agência reguladora. À coordenação de P&D da empresa cabe a responsabilidade de seleção, execução, controle e finalização dessa carteira de projetos.

A seguir é apresentado o modelo usado pela ANEEL para avaliar os Programas de P&D das empresas do setor energético, modelo este que tem forte influência na determinação da metodologia a ser aplicada pela CELPE para compor sua carteira de projetos. Posteriormente é apresentado o modelo usado pela empresa em questão para seleção da

---

carteira de Projetos de P&D, onde a priorização dos projetos é feita através de um modelo aditivo. Para esta mesma etapa de priorização, apresentamos o modelo proposto por Gusmão (2005), que fornece subsídios para a aplicação de um método multicritério ao problema em questão.

### 3.4.1 Modelo de Avaliação de Programas de P&D da ANEEL

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) foi criada pela Lei 9.427 de 26 de Dezembro de 1996. Consiste em uma autarquia em regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), cuja missão é “proporcionar condições favoráveis para que o desenvolvimento do mercado de energia elétrica ocorra com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade” (ANEEL, 2006).

As atribuições da Agência são:

- Regular e fiscalizar a geração, a transmissão, a distribuição e a comercialização da energia elétrica, atendendo reclamações de agentes e consumidores com equilíbrio entre as partes e em benefício da sociedade;
- Mediar os conflitos de interesses entre os agentes do setor elétrico e entre estes e os consumidores;
- Conceder, permitir e autorizar instalações e serviços de energia;
- Garantir tarifas justas;
- Zelar pela qualidade do serviço;
- Exigir investimentos;
- Estimular a competição entre os operadores;
- Assegurar a universalização dos serviços.

Os primeiros contratos de concessão obrigavam as concessionárias de distribuição a investirem um percentual mínimo de 0,1% da Receita Operacional Líquida (ROL) em Pesquisa e Desenvolvimento. A partir da edição da Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, os percentuais para investimentos mínimos em P&D foram alterados, sendo as concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica obrigadas a aplicar, anualmente, no mínimo 0,75% da ROL em Pesquisa e Desenvolvimento do setor elétrico e, no mínimo 0,25% em programas de eficiência energética.

Os programas de P&D devem estar pautados na busca de inovações para fazer frente aos desafios tecnológicos e de mercado das empresas de energia elétrica. Esses projetos

geralmente são resultantes de parcerias com Universidades, Fundações e Centros de Pesquisa. A participação destas instituições, todavia, é limitada ao âmbito nacional, devendo estas instituições ser devidamente reconhecidas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) ou credenciadas pelo Ministério da Educação (MEC).

É de responsabilidade da ANEEL avaliar os projetos de P&D que são submetidos anualmente pelas concessionárias no Programa Anual de P&D do Setor Elétrico. As empresas devem encaminhar suas propostas de Programa Anual de P&D conforme cronograma de envio, nos prazos estipulados nos contratos de concessão ou conforme prazos divulgados pela ANEEL. A Agência é responsável pela análise, aprovação dos programas e pelo acompanhamento da execução dos projetos aprovados, bem como pela fiscalização destes.

O Manual dos Programas de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor Elétrico Brasileiro, elaborado pela ANEEL em 2001, ilustra as etapas do processo de avaliação e aprovação da Proposta do Programa Anual de P&D através da figura 4.1, cujas etapas são explicadas no Anexo.

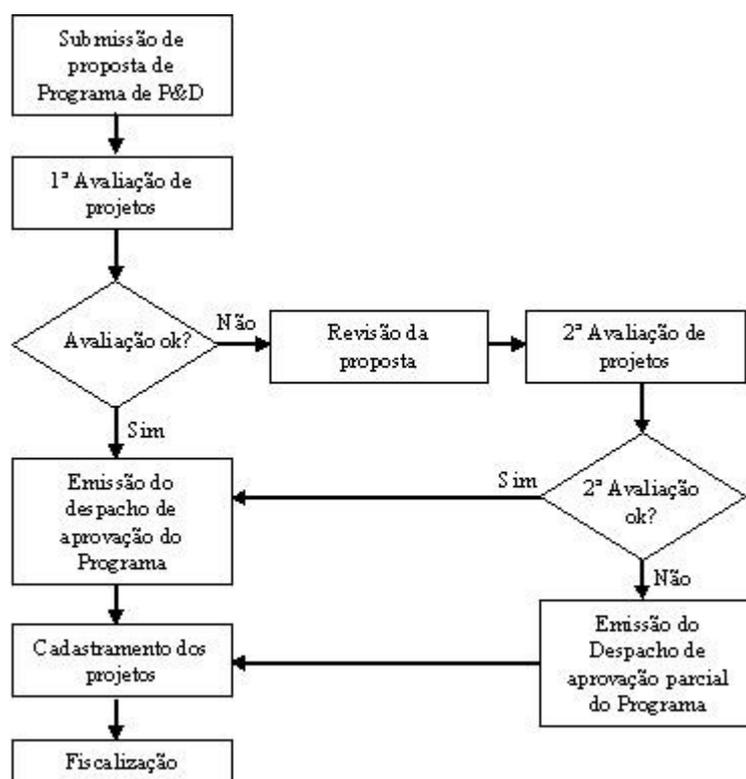


Figura 3.1 – Processo de Avaliação e Aprovação das Propostas de Programas de P&D  
Fonte: ANEEL (2001)

O resultado da avaliação de cada proposta de projeto é informado à empresa de energia elétrica em um prazo de 30 dias após o recebimento da proposta do Programa Anual

---

de P&D, por meio do envio do Formulário de Avaliação de Projetos de P&D. Caso o Programa de P&D não tenha sido integralmente aprovado na primeira avaliação, a empresa de energia elétrica deve adequar o Programa de P&D em um prazo de 30 dias para nova submissão à ANEEL. O resultado da segunda avaliação deve ser encaminhado pela ANEEL em um prazo de 30 dias. Após a aprovação, a ANEEL emite despacho específico e cadastra os projetos para acompanhamento (ANEEL, 2001).

Para a ANEEL, o sucesso de um projeto de P&D depende de dois fatores básicos: (1) a natureza dos produtos quanto à criatividade científica e inovação tecnológica e (2) sua potencialidade de aplicação. Essas qualidades não são excludentes, e a convergência da descoberta e o seu uso prático constitui a mola mestra deste Programa de P&D. Portanto, as propostas em parceria com fabricantes de equipamentos ou empresas de base tecnológica são mais bem pontuadas na fase de avaliação.

Gusmão (2005) indica as seguintes orientações para a aferição dos méritos das propostas de projetos de P&D avaliadas pela ANEEL:

1. *Qualidade da proposta*: consiste em determinar se as metas, os objetivos e as atividades representam meios tecnicamente viáveis para resolver as principais barreiras. Avalia: a interação dos esforços em P&D para assegurar uma abordagem sinérgica, sem duplicação de esforços; se há uma visão realista, sob o ponto de vista técnico e financeiro, para a transferência de resultados da proposta ao mercado em um tempo razoável e se o nível de custos estimado é apropriado ao tipo de proposta considerada; o tamanho do nicho de mercado ou probabilidade do sucesso comercial; se o orçamento e o cronograma são suficientes para atingir os resultados desejados.
2. *Resultados do projeto*: avalia os resultados previstos no final da pesquisa e o nível de benefícios públicos e privados em relação aos custos propostos. Os benefícios públicos podem contemplar melhorias de qualidade do meio ambiente, utilização de fontes renováveis de energia, aumento de eficiência energética na geração e consumo de energia, aumento da confiabilidade dos sistemas elétricos, redução de custos para o consumidor, etc.
3. *Qualificação da equipe de P&D*: avalia a capacitação e disponibilidade da equipe de P&D baseando-se em: (a) conhecimentos, qualificações e experiência dos profissionais, pesquisadores e coordenador envolvidos; (b) desempenho progressivo e nível de comprometimento do coordenador e pesquisadores; (c) atuação da equipe de

---

P&D para transferir os resultados da pesquisa para o mercado; (d) perfil da equipe de P&D, que deve ser compatível com os objetivos do projeto.

No Manual dos Programas de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor Elétrico Brasileiro (ANEEL, 2001), os projetos que integram o Programa Anual de P&D podem ser agrupados nas seguintes áreas:

- Eficiência Energética: são projetos voltados para o desenvolvimento de novas tecnologias ou métodos para reduzir o consumo de energéticos na geração de energia elétrica, bem como o consumo de energia nos sistemas ou equipamentos de uso final. Também constitui atividade de P&D nesta área o desenvolvimento de ferramentas analíticas para avaliar a melhoria de eficiência energética das tecnologias de uso final.
- Energia Renovável: projetos cujas atividades são voltadas à captação e posterior conversão de fontes renováveis (eólica, solar, hidráulica, biomassa), através de tecnologias específicas para gerar energia elétrica. Os projetos dessa área são voltados para novas tecnologias e métodos para aperfeiçoar o desempenho técnico e a viabilidade econômica das fontes energéticas renováveis.
- Geração de Energia Elétrica: os projetos nessa área são direcionados a obter melhorias de eficiência energética e/ou desempenho ambiental das tecnologias de geração. Alternativas de geração de pequeno porte concebidas para aplicação em sistemas isolados ou como geração distribuída em sistemas de distribuição, cogeração, células de combustíveis e turbinas a gás de nova geração são exemplos de sistemas de geração nesta área.
- Transmissão de Energia Elétrica: a partir do novo modelo do setor de energia elétrica, a rede de transmissão deve ser neutra e regulada com importante papel na garantia da qualidade e confiabilidade do suprimento de energia, bem como nos seus preços finais. Portanto, o desenvolvimento de tecnologias de transmissão que permitam aumentar a capacidade de transporte e a confiabilidade, com baixos custos de investimento e operação é de grande importância estratégica. Nesta área devem ser desenvolvidas metodologias de diagnóstico, preferencialmente em regime energizado, para identificar a confiabilidade de continuidade em operação e avaliar o grau de risco de falha de equipamentos, componentes e instalações de rede.
- Distribuição de Energia Elétrica: estes projetos geralmente constituem o desenvolvimento de ferramentas computacionais para o planejamento da distribuição utilizando técnicas de inteligência artificial que visem fornecer suporte à decisão nas alternativas de expansão dos sistemas de distribuição.

- 
- Meio Ambiente: as atividades de P&D nesta área são direcionadas para melhorar o entendimento dos impactos ambientais provocados pela exploração de energia elétrica e as medidas mitigadoras dos mesmos.
  - Qualidade: as características não convencionais do insumo energia elétrica exigem dedicação para se atingir melhorias na qualidade. A energia elétrica é gerada simultaneamente ao consumo, não pode ser armazenada pelos consumidores, não é transportada por meios usuais e sua qualidade depende das concessionárias e do consumidor. Além disso, os sistemas elétricos estão deixando de ser eletromecânicos e se transformando em sistemas eletroeletrônicos, o que contribui para o aumento da produtividade industrial e para o uso mais eficiente da energia elétrica, tornando mais rígidos os requisitos de qualidade para a Energia Elétrica.
  - Supervisão, Controle e Proteção de Sistemas Elétricos: são projetos para implantação de sistemas de monitoramento, telecontrole e teleproteção de sistemas de geração, transmissão e distribuição. Um acompanhamento confiável e um rápido diagnóstico, associados a custos de automação bastante atrativos, têm sido argumentos fundamentais na expansão destes sistemas.
  - Medição: a medição de consumo de energia elétrica é fundamental como instrumento de faturamento para as empresas e para a monitoração das grandezas elétricas, visando garantir a confiabilidade do sistema e a qualidade da energia distribuída. Os projetos nesta linha incluem: desenvolvimento e aperfeiçoamento de equipamentos e sistemas de medição; instrumentos para aquisição e transmissão de dados em redes de distribuição; etc.
  - Transmissão de dados por redes elétricas: nesta área são desenvolvidos projetos com o intuito de utilizar a rede elétrica de baixa tensão para transmissão de dados, através da qual se pode acessar a Internet em alta velocidade, canais interativos de televisão, etc. Estatecnologia tem como vantagem o baixo custo, pois a rede de distribuição já existe e é muito mais capilar do que a rede telefônica, não sendo necessárias obras de infra-estrutura para sua implantação, como é o caso, por exemplo, das redes de fibra ótica usadas para o mesmo fim.
  - Pesquisa Estratégica: antes da reestruturação do setor elétrico, os processos de gestão das diversas etapas da prestação dos serviços de eletricidade apresentavam uma certa padronização dos procedimentos. Associando este fato ao monopólio natural do setor elétrico, ocasionou-se uma acomodação e, conseqüentemente, a falta da busca de

inovações que pudessem otimizar processos. Após a reestruturação, o ambiente mais competitivo conduziu à busca de alternativas e processos inovadores para conduzir a gestão da prestação de serviços, visando tornar os procedimentos internos mais ágeis e de menor custo.

### 3.4.2 Modelo de Seleção da Carteira de Projetos de P&D da CELPE

Em virtude da importância estratégica dos programas de P&D para a CELPE, buscou-se construir um modelo de gestão para a carteira de projetos de P&D que aderisse às características dessa empresa e a apoiasse no cumprimento legal frente a ANEEL. Santos (2004) propôs um modelo, que se encontra atualmente em vigor na empresa, com o objetivo de fomentar o desenvolvimento da pesquisa rumo a inovação tecnológica e obter a melhor aplicação dos recursos de P&D, através do acompanhamento e controle executivo dos processos inerentes a gestão da carteira de projetos de P&D.

O modelo de gestão para a carteira de projetos de P&D idealizado por Santos (2004) está compreendido em quatro etapas, denominadas de seleção, execução, finalização e internalização. A figura 4.2 ilustra as etapas deste modelo.

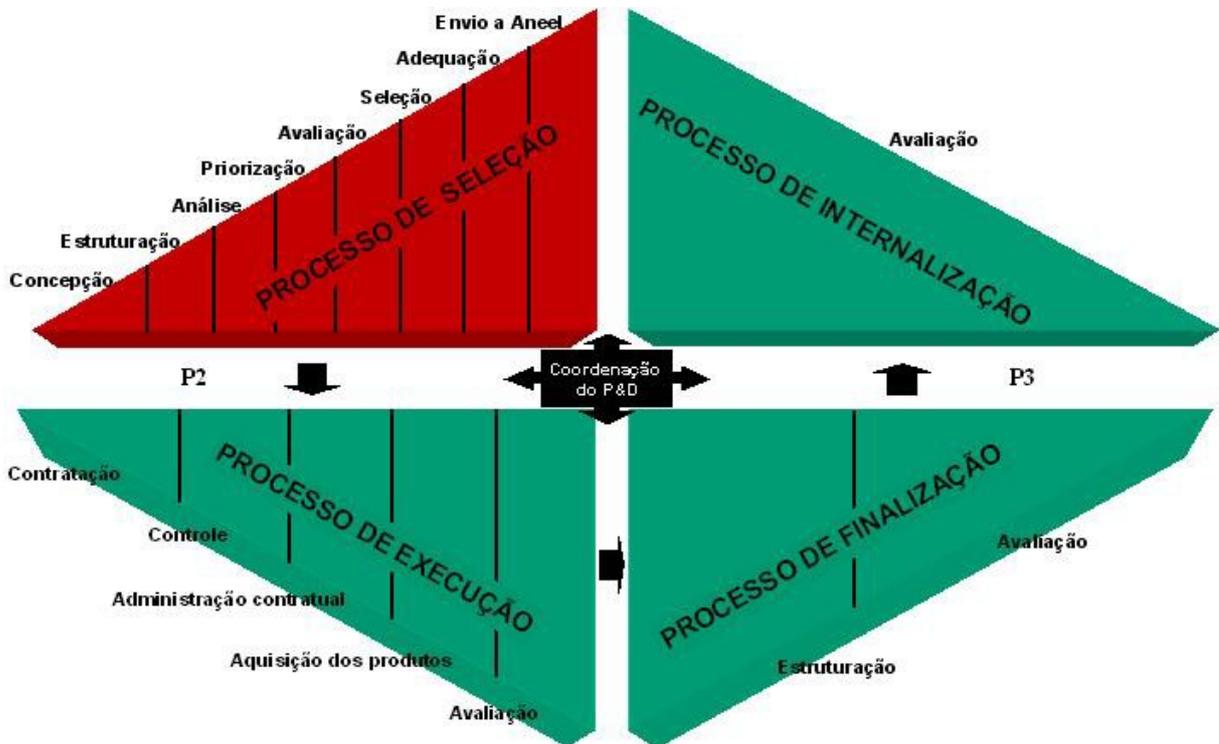


Figura 3.2 – Modelo de Gestão da Carteira de Projetos de P&D  
Fonte: Adaptado de Santos (2004)

---

Devido ao escopo deste trabalho, será abordada apenas a etapa de seleção deste modelo. Na figura 4.2 podem ser visualizadas as fases do processo de seleção da carteira de projetos, a saber: concepção, estruturação, análise, priorização de projetos, avaliação e seleção da carteira de projetos, e por fim, adequações e envio do Programa Anual de P&D a ANEEL.

As fases iniciais de concepção e estruturação de projetos exigem que a empresa ofereça subsídios aos seus funcionários para que bons projetos sejam elaborados, sendo importante disponibilizar um banco de dados com instituições de pesquisa especializadas em diversos temas, que permita aos proponentes de projetos a identificação de parceiros capacitados. Estas fases devem estar permanentemente em vigor na empresa (SANTOS, 2004).

Depois de identificada a instituição que participará da execução do projeto, este deverá ser estruturado no formulário eletrônico da ANEEL e submetido à área de P&D para compor o banco de projetos de P&D da empresa. Posteriormente, esse banco de projetos será consultado pela coordenação de P&D, que é responsável por avaliar tecnicamente todos os projetos do banco.

Os critérios técnicos, segundo os quais cada projeto será avaliado pela coordenação de P&D, são baseados nos critérios adotados pela ANEEL para análise de projetos. Santos (2004) admite os seguintes critérios técnicos:

- *Factibilidade do plano de pesquisa*: consiste na viabilidade de realização do projeto;
- *Recursos para execução*: demonstra a coerência dos recursos alocados ao projeto (material e equipamento, material de consumo, serviços de terceiros, viagens e diárias, etc.) em relação às necessidades para execução.
- *Capacitação do coordenador da equipe*: mensura a capacidade científica e técnica do coordenador para coordenar o projeto.
- *Capacitação da equipe*: mensura a capacidade científica da equipe para executar o projeto.

Cada projeto é avaliado segundo estes critérios, visando através de uma escala cardinal priorizar os projetos analisados de acordo com as avaliações relativas aos critérios. Para tanto, será usada uma escala que varia entre Regular (25 pontos), Bom (50 pontos), Ótimo (75 pontos) e Excelente (100 pontos), tendo cada um desses critérios a mesma importância no cálculo da pontuação final.

---

A pontuação para o caso de não atendimento a alguns dos critérios (zero pontos) implica na eliminação do projeto, não cabendo mais a continuidade desse projeto no processo de seleção da carteira de P&D. (SANTOS, 2004).

No caso da classificação Regular, tem-se o projeto com problemas estruturais, de natureza metodológica, composição de equipes, recursos para execução, entre outros, requerendo, necessariamente, que sejam feitas muitas mudanças para que o mesmo possa compor a carteira de projetos da empresa. Os projetos classificados como Bom, embora não apresentem problemas estruturais tão graves quanto a classificação anterior, eles requerem ainda muitas adequações para um desenvolvimento satisfatório. (SANTOS, 2004).

A classificação Ótimo expressa que embora o projeto esteja bem estruturado, pequenos ajustes são necessários para que ele possa compor a carteira de projetos da empresa. Finalmente, a classificação Excelente indica que o projeto está estruturalmente adequado, de forma a permitir o seu satisfatório desenvolvimento, não requerendo, portanto, nenhum ajuste.

Além da avaliação técnica feita pela coordenação de P&D, os projetos devem ser avaliados estrategicamente por uma comissão constituída para esse fim. Essa comissão executiva de projetos de P&D, na empresa abordada, deve ser composta por um executivo de cada uma das sete superintendências, um representante da presidência e o gerente do programa de P&D da CELPE, totalizando um número de nove componentes.

Nesta avaliação estratégica, os critérios usados pela comissão devem ser avaliados de forma a transmitir o teor dos interesses da empresa. Os critérios apresentados por Santos (2004) são os seguintes:

- *Transferência dos resultados*: mede a possibilidade de aplicabilidade dos resultados na empresa;
- *Retorno do projeto para a empresa*: denota o valor monetário investido frente ao retorno empresarial (melhoria do processo, redução de custos, etc.);
- *Benefício do projeto para a sociedade/cliente*: mensura a melhoria da imagem da empresa, fidelização e conquista de novos clientes.

A comissão executiva deve classificar os projetos utilizando a mesma escala apresentada para os critérios técnicos. Estes critérios também têm a mesma importância no cálculo da pontuação final (SANTOS, 2004).

---

A pontuação para o caso de não atendimento dos critérios (zero pontos) também implica na eliminação do projeto, não cabendo mais a continuidade desse projeto no processo de seleção da carteira de projetos de P&D.

A etapa de priorização é realizada através da ordenação decrescente do somatório dos resultados da análise técnica e estratégica de cada projeto, considerando o mesmo peso para cada etapa. São classificados os projetos de maior pontuação até o limite de 120% do montante de recursos para a carteira.

Santos (2004) indica que, no caso em que haja projetos com a mesma pontuação, serão classificados os projetos melhores pontuados na seguinte ordem dos critérios: factibilidade do plano de pesquisa, recursos para execução, capacitação do coordenador da equipe, capacitação da equipe, transferência dos resultados, retorno do projeto para a empresa e benefício do projeto para a sociedade/cliente.

Concluída a priorização e pré-definido o programa de P&D da empresa, torna-se necessária uma análise da qualidade da carteira de projetos já estruturada, utilizando-se para tanto uma lista de indicadores definidos com base nos critérios para avaliação do programa de P&D da ANEEL, nas necessidades empresariais da CELPE e nos critérios propostos por Krugliankas (1997) *apud* Santos (2004) para seleção de projetos. Deve-se observar que, para cada um dos indicadores, serão apresentados padrões do tipo que definem proximidade em relação a determinadas metas.

Os indicadores de qualidade utilizados por Santos (2004) que permitirão avaliar e/ou reestruturar a carteira de projetos de P&D proposta são:

- *Alinhamento com os objetivos empresariais (AO<sub>s</sub>)* – tem o objetivo de mensurar o alinhamento dos temas tratados nos projetos com os objetivos empresariais definidos para o período correspondente à execução da carteira. É obtido dividindo-se o número de projetos que apresentam seus objetivos alinhados aos objetivos empresariais pelo número total de projetos selecionados, multiplicando-se o resultado por 100. O padrão utilizado para este indicador estabelece como adequado uma faixa entre 80% a 100% de projetos selecionados alinhados com os objetivos empresariais, haja vista estes projetos estarem diretamente relacionados ao desenvolvimento e até à sobrevivência da empresa no mercado.
- *Custo da Carteira (CC<sub>s</sub>)* – objetiva mensurar o quanto do recurso do programa está adequadamente distribuído entre os projetos. Pode ser calculado dividindo-se o resultado da soma do número de novos projetos com valor inferior a R\$ 400.000,00 acrescido do

---

número de projetos remanescentes de ciclos anteriores, cujo valor restante para execução seja inferior a R\$ 400.000,00 pelo número total de projetos da carteira, multiplicando-se o resultado por 100. O padrão adotado para este indicador está compreendido na faixa que varia entre 80% a 100% dos custos dos projetos da carteira representando um valor de até R\$ 400.000,00. Segundo Santos (2004), este padrão se justifica ao analisar-se o volume de recursos da CELPE para aplicação em programas de P&D, frente ao valor de referência estabelecido pela ANEEL (R\$ 400.000,00), para realização de estudo de viabilidade econômica dos projetos.

- *Projetos Plurianuais (PP<sub>s</sub>)* – tal indicador visa mensurar a participação de projetos com tempo restante de execução superior a um ano, tendo como base o ciclo do programa de P&D em elaboração. É obtido dividindo-se o número de projetos com tempo restante de execução superior a um ano pelo número total de projetos da carteira, multiplicando-se o resultado por 100. Como padrão para o indicador Projetos Plurianuais é estabelecida uma faixa entre 30% e 60%.
- *Diversificação de Áreas (DA<sub>s</sub>)* – tem o intuito de mensurar a diversificação da aplicação de recursos de P&D entre as superintendências da empresa. Este indicador é calculado dividindo-se o número de superintendências proponentes de projetos no ciclo pelo número total de superintendências, multiplicando-se o resultado por 100. O padrão estabelecido para este indicador é entre 30% e 60%, pois embora se almeje uma disseminação da participação em projetos de P&D pelas áreas da empresa, reconhece-se que as áreas mais relacionadas à atividade fim da empresa requerem um maior desenvolvimento de pesquisa decorrendo daí uma menor distribuição de projetos da carteira entre as áreas.
- *Ativos Empresariais (AE<sub>s</sub>)* – relaciona-se à mensuração, em termos percentuais, da parcela de projetos da carteira classificados como investimento para a empresa. É calculado dividindo-se o número total de projetos classificados como investimento pelo número total de projetos, multiplicando-se o resultado por 100. O padrão a ser utilizado como referência para este indicador é entre 70% a 100%, por considerar-se importante o desenvolvimento de projetos com resultados expressos nos ativos da empresa.

Santos (2004) esclarece que essa lista de indicadores apresentada para o processo de seleção da carteira de projetos de P&D não tem o objetivo de exaurir os pontos a serem avaliados nesse processo. O seu principal propósito no modelo de gestão é avaliar os aspectos considerados fundamentais para a carteira de projetos de P&D da empresa. Portanto, esses indicadores devem ser utilizados como parâmetros para análise da qualidade dos projetos

---

escolhidos, permitindo substituir projetos que apresentem resultados aquém dos padrões estabelecidos para cada indicador.

A avaliação por indicadores apresenta como resultado um valor percentual para cada indicador, que deve estar dentro da faixa padrão estabelecida como adequada para que a carteira de projetos possa ser enviada à ANEEL.

Caso algum projeto novo no ciclo da carteira selecionada apresente resultados indesejáveis em alguns dos indicadores propostos para o processo de seleção da carteira de projetos de P&D, deve-se substituir tal projeto por um outro subsequente de maior pontuação na avaliação técnica e estratégica realizada no início do processo. Essa simulação para gerar novas carteiras de projetos deverá ser realizada tantas vezes quanto necessária para a obtenção de um programa que atenda aos padrões estabelecidos pelos indicadores (SANTOS, 2004).

Santos (2004) destaca ainda que para o caso em que nenhum programa gerado atenda totalmente aos padrões dos indicadores, deve-se optar pelo programa que apresente projetos com menores violações na seguinte ordem de prioridade dos indicadores: Alinhamento com os objetivos empresariais; Custo da Carteira; Ativos Empresarias; Diversificação de Áreas; Projetos Plurianuais.

Depois de concluída esta etapa, deve-se ainda avaliar a necessidade de ajustes em algum dos campos do projeto frente às necessidades de execução e aprovação na ANEEL. Caso sejam detectadas necessidades de ajustes deve-se solicitar as alterações à equipe do projeto o quanto antes, visando atender aos prazos previamente estabelecidos, mas caso não haja necessidade de adequação, estará definido o Programa de P&D da empresa, a ser encaminhado eletronicamente à ANEEL.

### 3.4.3 Modelo para Priorização de Projetos de P&D baseado no ELECTRE IV

O modelo de gestão da carteira de projetos de P&D da CELPE, desenvolvido por Santos (2004), apesar de ser simples, tem sido de grande valia para a empresa, haja vista sua adequação às características e particularidades da CELPE e a contribuição para o cumprimento legal frente a ANEEL. Porém, Gusmão (2005) sugere que métodos de Apoio Multicritério a Decisão podem ser incorporados ao processo de seleção de projetos de P&D, de forma a tornar essa etapa mais estruturada e consistente com os objetivos organizacionais, permitindo o uso de abordagem de decisão em grupo, utilização de faixas de peso para os critérios ou mesmo o uso de uma escala ordinal para a avaliação de cada projeto à luz dos critérios.

---

Gusmão (2005) levanta ainda vários pontos para melhorias no referido modelo, as quais podemos citar:

- A proposição de avaliação de independência aditiva e em utilidade entre os critérios, com o intuito de formalizar a utilização do modelo aditivo;
- Estruturar o processo de definição da carteira, que é feita no modelo de Santos (2004) através de um procedimento baseado em tentativa e erro, o que permite uma grande suscetibilidade a erros ao ser considerado um grande número de projetos;
- Banir a possível influência do analista de decisão no processo e conseqüentemente agregar as preferências e objetivos reais do decisor;
- Introduzir a possibilidade de utilização de outros critérios de avaliação, além dos técnicos e estratégicos utilizados pela empresa, de acordo com a necessidade dos decisores.

O ideal seria a construção de um modelo que gerasse uma ordem para os projetos de P&D, levando em consideração simultaneamente os critérios técnicos e estratégicos, os indicadores de qualidade e a disponibilidade orçamentária (GUSMÃO, 2005). De fato, seria de grande valia agregar a etapa de avaliação segundo os critérios à avaliação por meio dos indicadores, reduzindo a possibilidade de alterações na carteira por não adequação a pelo menos um indicador de algum projeto componente.

O método multicritério considerado por Gusmão (2005) para a priorização é o ELECTRE IV, devido à não exigência de pesos e por se adequar à problemática considerada. Os critérios considerados são os mesmo utilizados por Santos (2004), por abrangerem as necessidades da CELPE e estarem de acordo com as exigências da ANEEL, porém estes são avaliados em conjunto e acrescidos dos indicadores de desempenho, para que a avaliação da qualidade seja feita simultaneamente às avaliações técnica e estratégica. Portanto, os critérios utilizados na aplicação do ELECTRE IV na priorização dos projetos são:

- Factibilidade do plano de pesquisa;
- Recursos para execução;
- Capacitação do coordenador da equipe;
- Capacitação da equipe;
- Transferência dos resultados;
- Retorno do projeto para a empresa;
- Benefício do projeto para a sociedade/cliente;
- Alinhamento com os objetivos empresariais;

- 
- Custo da carteira;
  - Projetos plurianuais;
  - Diversificação de áreas;
  - Ativos empresariais.

Após determinadas as alternativas, no caso, os projetos de P&D presentes no banco de dados da CELPE, elas devem ser avaliadas em relação aos critérios acima descritos, utilizando-se a mesma escala proposta por Santos (2004) - Regular (25 pontos), Bom (50 pontos), Ótimo (75 pontos) e Excelente (100 pontos). De posse das avaliações das alternativas, a priorização é realizada aplicando-se o método ELECTRE IV.

O objetivo do ELECTRE IV é ordenar as ações sem introduzir qualquer ponderação nos critérios, ou seja, admite-se que não haja informação suficiente ou perfeita sobre as relações entre os critérios (VINCKE, 1992 apud Gusmão, 2005).

Esse método é baseado em uma família de pseudo-critérios. São consideradas as relações de Preferência Estrita (P), Preferência Fraca (Q) e Indiferença (I) e são construídas relações de sobreclassificação com base nas preferências dos decisores. Os limiares de indiferença ( $q$ ) e de preferência ( $p$ ) devem ser determinados para cada critério. Na aplicação ao processo de priorização de projetos de P&D da CELPE estes limiares foram considerados zero para todos os critérios.

Dessa forma, obtém-se a qualificação de cada alternativa, que é definida pelo número de alternativas que a alternativa em questão sobreclassifica menos o número de alternativas que sobreclassificam esta alternativa.

Definidas as qualificações, procede-se ao processo de destilação descendente e ascendente. A destilação descendente consiste em escolher a alternativa com maior qualificação para ocupar a primeira posição na ordenação dos projetos. A alternativa que ocupará a segunda posição é definida retirando-se do processo a alternativa que ocupa a primeira posição e, em seguida, as qualificações são recalculadas. Após o recálculo, a alternativa que apresentar nesse momento a maior qualificação ocupará, então, a segunda posição. As posições seguintes são encontradas de forma semelhante (GUSMÃO, 2005).

O processo de destilação ascendente, por sua vez, escolhe as alternativas com a menor qualificação para ocupar a última posição na ordenação. Assim como na destilação descendente, as demais posições são definidas retirando-se do processo as alternativas já posicionadas.

---

As destilações descendente e ascendente fornecem duas pré-ordens, que conduzem a uma ordem parcial. A seleção é feita da forma proposta por Santos (2004), percorrendo a ordem obtida no sentido decrescente, até que seja satisfeito o limite de 120% do montante disponível de recursos para a carteira.

---

## 4 METODOLOGIA

O presente capítulo busca desenvolver uma metodologia para o aprimoramento do processo de seleção de projetos de P&D de uma empresa em particular: a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE). Desta forma, propõe-se a utilização de um método de decisão multicritério que considere as peculiaridades do problema, de forma a adequar-se às exigências da agência reguladora e da organização em questão.

Algumas atividades devem ser desenvolvidas para que se possa aplicar o método multicritério ao problema. Considerando-se o caso da seleção de projetos de P&D da CELPE, as atividades são identificadas na figura 4.1:



*Figura 4.1 –Aplicação de métodos de AMD à seleção de projetos de P&D da CELPE*

*Fonte: Autor*

Primeiramente devem ser levantados os projetos de P&D, o que consiste na formação do conjunto de alternativas consideradas na avaliação. A etapa seguinte, levantamento dos dados referentes aos projetos, geralmente é realizada simultaneamente ao levantamento dos

---

projetos. Essa etapa objetiva fornecer dados relevantes de cada projeto, tais como: coordenador responsável, equipe alocada, prazos e custos associados ao projeto, benefícios propostos, entre outros. De posse desses dados, passa-se à identificação dos atores presentes no processo decisório, seja influenciando-o de alguma forma ou assumindo papel fundamental. As informações obtidas até então possibilitam determinar a problemática, ou seja, os termos em que o problema é colocado e como os resultados devem ser apresentados. A seguir, são determinados os critérios de forma que estes possibilitem a avaliação consistente das alternativas. A avaliação das alternativas para cada critério é então realizada, de forma a obter-se uma tabela de avaliações.

Após ter-se caracterizado as alternativas, o problema e os critérios, têm-se subsídios suficientes para determinar qual método é adequado ao problema em questão. Isso feito, procede-se à aplicação do método, cujo resultado são os projetos selecionados para o período.

A execução das etapas propostas propicia uma estruturação à solução do problema por meio da aplicação de um método AMD. As informações resultantes de cada etapa possibilitam a escolha de critérios que mensurem com precisão as características dos projetos relevantes para a solução do problema e de um método que seja adequado a estrutura de preferência do(s) decisor(es), à problemática e que apresentem um grau de dificuldade compatível com a expectativa dos envolvidos na decisão.

Considerar-se-á esta metodologia para abordar o problema de seleção de projetos da CELPE na etapa de priorização. Nos itens que se seguem partimos à análise das etapas da metodologia ao caso da CELPE.

#### **4.1 Levantamento dos projetos de P&D**

As alternativas consideradas para o problema proposto são os projetos elaborados durante um ano pelas áreas da empresa, que se encontram cadastrados no banco de dados de projetos de P&D. Estes projetos devem ser relacionados a pelo menos uma das áreas de projetos de P&D indicadas pela ANEEL no Manual dos Programas de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor Elétrico Brasileiro, descritas no item 3.4.1 do presente trabalho.

Para exemplificar, podemos citar alguns títulos de projetos de P&D já realizados pela empresa (CELPE, 2006):

- “Acessibilidade à Comunicação: Promovendo a Cidadania da Pessoa Portadora de Deficiência”;

- 
- “Sistema Inteligente de Proteção na Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica”;
  - “Estudo dos Aspectos Ambientais na Atividade de Distribuição de Energia Elétrica Relacionados ao Manejo da Arborização Urbana nas Vias Públicas dos Municípios Integrantes da Região Metropolitana do Recife”;
  - “Desenvolvimento de Sistema para Planejamento da Operação de Redes Primárias de Distribuição”;
  - “Estudo dos Fatores Críticos de Sucesso para a Gestão da Qualidade Percebida dos Clientes Especiais da CELPE”;
  - “Desenvolvimento de Ferramenta Automatizada para Otimização da Qualidade de Fornecimento das Redes de Distribuição”;
  - “Supressores Rápidos de Flutuações de Tensão – Análise Comparativa de Desempenho e Custo dos Modelos Reator Saturado e Restaurador Dinâmico de Tensão com Desenvolvimento de Protótipo”.

Santos (2004) indica o prazo de seis meses antes da apresentação à ANEEL para realizar um levantamento dos projetos que estão cadastrados na base de dados da CELPE. Se o volume de recurso total dos projetos do banco for igual ou superior a 120% do valor mínimo legal do Programa de P&D da CELPE, os projetos já podem ser considerados para a seleção. Caso contrário, a coordenação de P&D induzirá as áreas da empresa com maior potencial para desenvolver pesquisas a elaborarem projetos, até que seja atingido o teto de 120%.

Deve-se, contudo, alertar que a priorização só faz sentido quando o volume dos recursos totais dos projetos levantados for superior a 120%, ou seja, quando há mais alternativas de projetos do que se deseja executar. No caso em que a soma atinge exatamente a cota desejada, a priorização perde o sentido para a seleção e pode ser aplicada apenas com o intuito de visualizar projetos com avaliações muito ruins, para que se possa tomar alguma atitude em relação a estes, provavelmente, melhorá-los ou em casos extremos, excluí-los e partir para a elaboração de novos projetos que possam substituí-los.

## **4.2 Levantamento dos dados referentes aos projetos**

No caso da CELPE, os dados necessários à descrição dos projetos são estruturados no modelo do formulário eletrônico da ANEEL e armazenados no banco de dados da empresa. A CELPE também mantém um banco de dados, onde constam as descrições das instituições de

---

pesquisa parceiras da empresa, que pode ser consultado pelos funcionários que estejam interessados em propor projetos.

Portanto, a partir de um banco de dados já estruturado para armazenar as informações relevantes sobre cada projeto pode-se obter dados a respeito do coordenador do projeto, da equipe alocada, da instituição parceira, prazos e custos associados, benefícios propostos, entre outros.

### **4.3 Identificação dos atores**

Conforme explicado anteriormente no capítulo 2, o processo decisório é composto por atores que o influenciam de alguma forma e assumem um papel fundamental, visto que a atuação de cada um depende do seu próprio sistema de valores, por meio do qual expressam suas preferências para atingir seus objetivos.

A decisão final pode ser obtida por uma só pessoa, mas para isso é necessário realizar uma série de atividades anteriores de negociação e discussões sobre os limites que tal decisão deve ter até se alcançar um resultado final.

Na maioria dos problemas reais, o decisor é tido como a única pessoa que está verdadeiramente habilitada para realizar a decisão (ROY, 1996). Segundo Alencar (2003), normalmente várias pessoas tomam partido do processo decisório, que assume assim um caráter coletivo (diretorias, comissões, etc.). Na realidade o decisor é a pessoa para quem a atividade de apoio está especialmente dirigida.

No caso aqui apresentado, a avaliação técnica dos projetos cabe à coordenação de P&D da CELPE, por meio de uma comissão técnica formada. Já a avaliação estratégica é feita por uma comissão executiva de projetos de P&D, que no caso da CELPE é composta por um executivo de cada uma das sete superintendências, um representante da presidência e o gerente do programa de P&D da CELPE, totalizando um número de nove participantes (SANTOS, 2004). A avaliação da qualidade destes projetos, realizada no modelo de Santos (2004) através de uma lista de indicadores, é executada pela coordenação de P&D.

Apesar de todos estes atores estarem envolvidos de algum modo no processo, de forma a incorporar suas preferências, cabe aqui identificar o gerente do programa de P&D da CELPE como o decisor principal, para o qual a atividade de apoio está dirigida, devido a sua presença em todas as etapas de avaliação dos projetos e à responsabilidade que lhe é atribuída. Há que se notar ainda a presença de um analista, responsável por auxiliar na estruturação do problema, através da concepção de modelagens. Como terceiros podem ser classificados os

---

funcionários que não atuam diretamente no processo decisório, mas serão afetados pela carteira de projetos selecionada, os *stakeholders* e a sociedade.

#### **4.4 Identificação da problemática**

Dado o conjunto de ações potenciais, é necessário que se determine em que termos o problema é colocado. A palavra problemática descreve a concepção do analista em relação à forma de abordagem do problema, como serão direcionadas as investigações e como os resultados serão apresentados (ROY, 1996).

Com o intuito de tratar a etapa de priorização como um problema de decisão multicritério, de acordo com os conceitos explanados no capítulo 2, consideramos a problemática de ordenação ( $P.\gamma$ ) para ajustar-se a este problema.

Essa problemática foi escolhida devido à idéia sugerida no modelo empregado pela empresa de que o objetivo da etapa de priorização é obter um arranjo de ordenação das alternativas conforme as preferências do decisor.

#### **4.5 Determinação dos critérios de avaliação**

Os critérios permitem a avaliação das alternativas de forma a verificar que, para uma alteração na classificação da alternativa num dado critério, será observada uma redução ou aumento da satisfação da alternativa. A família de critérios deve representar de forma clara e correta o juízo de valores do decisor. Na análise dos critérios de decisão podem aparecer critérios quantitativos e qualitativos. Um critério é dito quantitativo quando é possível medi-lo ou graduá-lo por meio de métodos determinísticos ou probabilísticos, e qualitativo quando sua graduação é feita por meio de julgamentos subjetivos (GOMES, 2002).

Santos (2004) considerou para o problema em questão dois conjuntos de critérios: técnicos e estratégicos. Estes critérios foram definidos em função dos parâmetros de avaliação dos projetos que são considerados pela ANEEL e da importância para a própria empresa. Além destes critérios, após a priorização, a carteira de projetos, como um todo, é avaliada segundo indicadores de desempenho.

Gusmão (2005) ao aplicar o método multicritério ELECTRE IV a este problema optou por agregar a etapa de avaliação da carteira de projetos à priorização, através da utilização simultânea dos critérios técnicos, estratégicos e dos indicadores de qualidade, o que torna possível evitar posteriores reformulações da carteira.

---

Tal consideração se mostra pertinente, pois de acordo com o modelo de seleção idealizado por Santos (2004) ao avaliar a carteira em relação aos indicadores de qualidade, caso seja obtida uma avaliação insatisfatória em pelo menos um indicador, deve-se partir para a identificação de qual projeto está provocando a não conformidade em relação ao padrão estabelecido e substituir este projeto por um projeto reserva que ocupe a melhor posição entre os projetos reservas.

Deve-se, porém, atentar para o fato de que, para que esta consideração possa ser feita, os indicadores passam a ter um novo teor, devendo ser aplicados diretamente aos projetos, e não à carteira. Dessa forma, os indicadores de qualidade *Alinhamento com os Objetivos Empresariais*, *Custo da Carteira* e *Ativos Empresariais* serão reformulados para adequarem-se à avaliação dos projetos. Esta reformulação não se aplica aos indicadores *Projetos Plurianuais* e *Diversificação de Áreas*, pois estes atuam sobre um conjunto de projetos, não sendo possível determinar as preferências do decisor para um projeto isolado. Portanto, no presente trabalho não serão considerados como critérios os indicadores *Projetos Plurianuais* e *Diversificação de Áreas*, porém, cabe ao decisor a opção de avaliá-los posteriormente, quando a carteira já estiver formada, como proposto por Santos (2004).

Os critérios a serem considerados são:

1. *Factibilidade do plano de pesquisa (C1)*: mensura a viabilidade de realização do projeto;
2. *Recursos para execução (C2)*: demonstra a coerência dos recursos alocados ao projeto (material e equipamento, material de consumo, serviços de terceiros, viagens e diárias, etc.) em relação às necessidades para execução;
3. *Capacitação do coordenador da equipe (C3)*: mensura a capacidade científica e técnica do coordenador para coordenar o projeto;
4. *Capacitação da equipe (C4)*: mensura a capacidade científica da equipe para executar o projeto;
5. *Transferência dos resultados (C5)*: mede a possibilidade de aplicabilidade dos resultados na empresa;
6. *Retorno do projeto para a empresa (C6)*: denota o valor monetário investido frente ao retorno empresarial (melhoria do processo, redução de custos, etc.);
7. *Benefício do projeto para a sociedade/cliente (C7)*: mensura a melhoria da imagem da empresa, fidelização e conquista de novos clientes.
8. *Alinhamento com os objetivos empresariais (C8)*: indica o alinhamento do tema

tratado no projeto com os objetivos empresariais definidos para o período correspondente;

9. *Custo da carteira (C9)*: demonstra se o custo do projeto é inferior ao valor de referência estabelecido pela ANEEL (R\$ 400.000,00). Este critério se justifica pela preferência da empresa em selecionar projetos que apresentem menores custos, de modo que ao formar a carteira os recursos disponíveis não se concentrem em um número reduzido de projetos;

10. *Ativos empresariais (C10)*: determina se o projeto está classificado como investimento para a empresa, ou seja, se é passível de ser agregado ao patrimônio da empresa.

Os critérios 1 a 7 serão avaliados de acordo com os níveis de preferência estabelecidos por Santos (2004), fornecidos na tabela 4.1.

*Tabela 4.1 – Níveis de preferência associados aos critérios 1 a 7*

<b>Nível de Preferência</b>	<b>Conceito</b>
Insatisfatório (zero)	O projeto não atende ao critério.
Regular (25 pontos)	Projeto com problemas estruturais em relação ao referido critério.
Bom (50 pontos)	O projeto requer muitas adequações, em relação ao critério, para que possa ser desenvolvido satisfatoriamente.
Ótimo (75 pontos)	O projeto requer pequenos ajustes, em relação ao critério, para que possa compor a carteira.
Excelente (100 pontos)	O projeto está estruturado adequadamente, em relação ao critério, de forma a permitir o seu desenvolvimento satisfatório. (Não requer nenhum ajuste).

*Fonte: Adaptado de Santos (2004)*

Os critérios 8 a 10 serão avaliados de acordo com os seguintes níveis de preferência (tabela 4.2):

*Tabela 4.2 – Níveis de preferência associados aos critérios 8 a 10*

<b>Nível de Preferência</b>	<b>Conceito</b>
Insatisfatório (zero)	O projeto não atende o critério.
Excelente (100 pontos)	O projeto atende o critério.

*Fonte: Autor*

A escala aplicada aos critérios 8 a 10 justifica-se pelo fato destes terem sido tratados outrora como indicadores relativos à carteira, mensurando o número de projetos que

---

apresentam determinada característica. Desta forma, para que possam ser corretamente aplicados aos projetos tais critérios devem demonstrar a existência ou não de determinada característica nos projetos considerados.

#### 4.6 Avaliação dos projetos

A avaliação das alternativas em relação aos critérios, tanto em valor absoluto como em importância relativa, merece uma atenção especial, por se tratar do instrumento pelo qual são gerados os dados para o modelo e em que as alternativas manifestam suas características, representando os aspectos intrínsecos de cada sistema (ALENCAR, 2003).

Os critérios apresentados possuem natureza bastante subjetiva, à exceção do custo da carteira e ativos empresariais, que permitem uma compreensão bastante objetiva.

Na aplicação desenvolvida a seguir optou-se por utilizar os mesmo projetos e as mesmas avaliações obtidas por Gusmão (2005). A tabela 4.3 apresenta as avaliações dos 13 projetos considerados para cada critério.

*Tabela 4.3 – Avaliação dos projetos em relação aos critérios*

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
<b>Projeto 1</b>	75	100	100	75	100	100	75	100	100	0
<b>Projeto 2</b>	75	100	100	75	75	100	100	100	100	0
<b>Projeto 3</b>	100	75	100	75	100	100	75	100	100	100
<b>Projeto 4</b>	100	100	100	75	75	100	100	100	100	0
<b>Projeto 5</b>	100	75	100	100	75	100	100	100	100	100
<b>Projeto 6</b>	100	75	100	100	100	100	75	100	100	100
<b>Projeto 7</b>	100	75	100	100	75	100	100	100	100	100
<b>Projeto 8</b>	100	75	75	75	75	100	75	100	100	0
<b>Projeto 9</b>	100	75	75	75	100	100	100	100	100	0
<b>Projeto 10</b>	100	75	100	100	100	100	75	100	100	0
<b>Projeto 11</b>	100	75	100	100	100	100	75	0	100	100
<b>Projeto 12</b>	100	75	100	100	100	100	75	0	100	0
<b>Projeto 13</b>	100	75	100	100	75	75	75	100	100	100

*Fonte: Adaptado de Gusmão (2005)*

#### 4.7 Determinação do método multicritério

Os métodos de Apoio Multicritério a Decisão permitem uma abordagem mais abrangente e realista dos problemas complexos de decisão, à medida que possibilitam a modelagem de uma diversidade maior de fatores envolvidos no processo decisório (GOMES,

---

2002). A escolha do método a ser empregado depende do tipo de problema em análise, do contexto, dos atores envolvidos, da estrutura de preferência e da problemática de referência (Almeida & Costa, 2003). Conforme determinado anteriormente, trataremos o problema em questão pela problemática de ordenação.

O modelo atualmente utilizado na CELPE não deixa clara a existência de importância relativa entre os critérios. Embora o autor deixe como sugestão para trabalhos futuros a utilização de pesos no processo de decisão, a estrutura analítica empregada sugere implicitamente que os critérios utilizados na avaliação têm a mesma importância relativa (GUSMÃO, 2005). Além disso, o fato do modelo de Santos (2004) definir que, no caso onde são obtidas avaliações iguais após a priorização, os projetos devem ser ordenados seguindo uma determinada ordem de preferência dos critérios, demonstra que mesmo que o modelo não exija do decisor a determinação de importância dos critérios esta se faz necessária em algumas situações. Santos (2004) sugere ainda, implicitamente, que os indicadores de qualidade têm maior importância que os critérios técnicos e estratégicos ao definir que, mesmo que um projeto tenha um bom desempenho nos critérios, poderá ser eliminado se não obtiver uma boa avaliação em pelo menos um indicador de qualidade.

Estas asserções nos levam a propor a utilização de um método de AMD que considere a existência de informações intercritérios. Selecionou-se para este problema o método PROMETHEE para trabalhar a problemática de ordenação. A vantagem desse método, segundo Brans & Mareschal (1998) *apud* Alencar (2003) é que ele requer uma informação adicional muito clara, que pode ser facilmente obtida e gerenciada tanto pelo decisor quanto pelo analista. Além disso, o método apresenta uma maior flexibilidade, uma vez que a seleção do tipo de função de preferência constitui um grau de liberdade importante oferecido ao decisor, que pode determinar o tipo de critério generalizado e os limiares.

Dentre as opções oferecidas pela família PROMETHEE, optou-se pelo PROMETHEE II, que se enquadra à problemática em estudo e apresenta uma ordem completa das alternativas. É importante observar também que o PROMETHEE II não permite a incomparabilidade.

A aplicação do método PROMETHEE II à priorização de projetos de P&D da CELPE será abordada no próximo capítulo.

---

## 5 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

De posse das informações obtidas no capítulo 4, pode-se proceder a uma aplicação numérica do método de AMD proposto. Considerem-se os critérios dispostos no item 4.5, as alternativas e avaliações apresentadas no item 4.6.

Para dar continuidade à aplicação do PROMETHEE, é necessária a determinação da informação intercritério, correspondente à importância relativa entre os critérios, chamada aqui de peso. A metodologia de atribuição de pesos empregada foi a de atribuição direta. A partir da ordem dos critérios implicitamente estabelecida no modelo de Santos (2004) foram atribuídos pesos a estes, de acordo com a posição que ocuparam na ordem decrescente.

A ordem dos critérios estabelecida por Santos (2004) é a seguinte:

$C8 > C9 > C10 > C1 > C2 > C3 > C4 > C5 > C6 > C7$ , onde a notação empregada é a determinada no item 4.5.

Desta forma, optou-se por atribuir os seguintes pesos aos critérios (tabela 5.1):

*Tabela 5.1 – Pesos dos critérios*

<b>Critério</b>	<b>Peso</b>
C1	0,11
C2	0,10
C3	0,09
C4	0,08
C5	0,07
C6	0,05
C7	0,04
C8	0,17
C9	0,15
C10	0,14

*Fonte: Autor*

Outro tipo de informação necessária é a intracritério, ou seja, as preferências obtidas pelos critérios generalizados relativos às diferenças observadas entre avaliações e não ao valor absoluto das últimas. A seleção do tipo de critério generalizado associado a um critério tem papel crucial por permitir ao decisor ampliar ou atenuar o impacto desse critério sobre o processo de decisão.

Para o problema em questão, optou-se por associar cada critério a um critério generalizado do Tipo I (Usual), devido ao fato destes critérios pertencerem à classe do critério

verdade. Um critério verdade é aquele para o qual qualquer diferença implica em preferência estrita. Neste tipo de função nenhum parâmetro precisa ser definido e o *score* obtido de cada comparação par a par equivale a 1 se há uma vantagem e 0 em caso contrário.

As avaliações dos projetos em relação a cada critério são comparadas, com base na função estabelecida para os critérios generalizados, para obterem-se as preferências entre os pares de alternativas. Nas tabelas do Apêndice podem ser visualizadas as intensidades de preferência em relação a cada critério abordado.

O passo seguinte consiste no cálculo dos índices de preferência multicritério, definidos pela equação (2.4). A tabela 5.2 apresenta os resultados obtidos para estes índices, observando-se o uso da letra *P*, seguida da numeração adequada, para indicar cada projeto.

*Tabela 5.2 – índices de preferência*

$\pi(a,b)$	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>	<b>P9</b>	<b>P10</b>	<b>P11</b>	<b>P12</b>	<b>P13</b>
<b>P1</b>	-	0,07	0,1	0,07	0,17	0,1	0,17	0,26	0,19	0,1	0,27	0,27	0,22
<b>P2</b>	0,04	-	0,14	0	0,1	0,14	0,1	0,23	0,19	0,14	0,31	0,31	0,19
<b>P3</b>	0,25	0,32	-	0,21	0,07	0	0,07	0,3	0,23	0,14	0,17	0,31	0,12
<b>P4</b>	0,15	0,11	0,14	-	0,1	0,14	0,1	0,23	0,19	0,14	0,31	0,31	0,19
<b>P5</b>	0,37	0,33	0,12	0,22	-	0,04	0	0,35	0,31	0,18	0,21	0,35	0,09
<b>P6</b>	0,33	0,4	0,08	0,29	0,07	-	0,07	0,38	0,31	0,14	0,17	0,31	0,12
<b>P7</b>	0,37	0,33	0,12	0,22	0	0,04	-	0,35	0,31	0,18	0,21	0,35	0,09
<b>P8</b>	0,11	0,11	0	0	0	0	0	-	0	0	0,17	0,17	0,05
<b>P9</b>	0,15	0,18	0,04	0,07	0,07	0,04	0,07	0,11	-	0,04	0,21	0,21	0,16
<b>P10</b>	0,19	0,26	0,08	0,15	0,07	0	0,07	0,24	0,17	-	0,17	0,17	0,12
<b>P11</b>	0,33	0,4	0,08	0,29	0,07	0	0,07	0,38	0,31	0,14	-	0,14	0,12
<b>P12</b>	0,19	0,26	0,08	0,15	0,07	0	0,07	0,24	0,17	0	0	-	0,12
<b>P13</b>	0,33	0,33	0,08	0,22	0	0	0	0,31	0,31	0,14	0,17	0,31	-

*Fonte: Autor*

Com os índices de preferência calculados, segue-se o cálculo dos fluxos de sobreclassificação positivo (2.5) e negativo (2.6). De posse desses valores, o fluxo líquido pode ser calculado (2.7).

Tabela 5.3 – Fluxos positivo, negativo e líquido

	$\Phi(+)$	$\Phi(-)$	$\Phi$
<b>P1</b>	0,1658333	0,2341667	-0,0683333
<b>P2</b>	0,1575	0,2583333	-0,1008333
<b>P3</b>	0,1825	0,0883333	0,0941667
<b>P4</b>	0,1758333	0,1575	0,0183333
<b>P5</b>	0,2141667	0,0658333	0,1483333
<b>P6</b>	0,2225	0,0416667	0,1808333
<b>P7</b>	0,2141667	0,0658333	0,1483333
<b>P8</b>	0,0508333	0,2816667	-0,2308333
<b>P9</b>	0,1125	0,2241667	-0,1116667
<b>P10</b>	0,1408333	0,1116667	0,0291667
<b>P11</b>	0,1941667	0,1975	-0,0033333
<b>P12</b>	0,1125	0,2675	-0,155
<b>P13</b>	0,1833333	0,1325	0,0508333

Fonte: Autor

Com o PROMETHEE II as alternativas são ordenadas estabelecendo uma ordem decrescente de fluxo líquido, e completa entre elas. Brans & Mareschal (1998) *apud* Alencar (2003) definem a pré-ordem completa do PROMETHEE II como se segue:

$aP^{II}b$ , se  $\Phi(a) > \Phi(b)$  e  $aI^{II}b$ , se  $\Phi(a) = \Phi(b)$ .

O resultado da aplicação do PROMETHEE II pode ser visualizado na tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Resultado final do PROMETHEE II

<b>Ordenação</b>	<b>Alternativa</b>	<b><math>\Phi</math></b>
1°	P6	0,180833
2°	P5 e P7	0,148333
3°	P3	0,094167
4°	P13	0,050833
5°	P10	0,029167
6°	P4	0,018333
7°	P11	-0,00333
8°	P1	-0,06833
9°	P2	-0,10083
10°	P9	-0,11167
11°	P12	-0,155
12°	P8	-0,23083

Fonte: Autor

---

Observa-se que para os projetos 5 e 7 foi obtido o mesmo valor de fluxo líquido ( $\Phi$ ), o que implica na ocupação por estes projetos da mesma posição no ranking estabelecido. Isto ocorreu devido ao fato destes dois projetos apresentarem exatamente as mesmas avaliações para os critérios abordados, conforme apresentado na tabela 4.3. A última posição ocupada pelo Projeto 8 se justifica pelo desempenho aquém deste projeto em relação as outras alternativas em boa parte dos critérios. As alternativas que obtiveram fluxos líquidos negativos caracterizam-se por serem mais sobreclassificadas pelas outras alternativas do que as sobreclassificam. No caso contrário, as alternativas que apresentaram este fluxo positivo sobreclassificam mais as outras do que são sobreclassificadas, o que explica sua posição mais elevada no ranking.

O PROMETHEE II tem sido utilizado em diversas aplicações, e está numa posição privilegiada em meio às mais populares ferramentas no mundo das metodologias que abordam a problemática de ordenação. É um método de fácil entendimento, destacando-se por buscar envolver conceitos e parâmetros que apresentam uma certa interpretação física ou econômica de fácil entendimento para o decisor.

Comparado ao ELECTRE IV, o método PROMETHEE II aplicado ao problema de priorização de projetos de P&D requisita ao decisor mais informações a respeito do problema: as informações intercritérios, ou seja, os pesos para cada critério. Tais informações constituem um elemento a mais para auxiliar a tomada de decisão, de forma a possibilitar ao decisor quantificar a importância relativa dos critérios. Contudo, vale ressaltar que são métodos diferentes, que tratam a problemática de ordenação a partir de algoritmos distintos, o que deve influenciar na escolha do método a ser utilizado pelo decisor, além de outros aspectos que devem ser considerados, tais como a familiaridade com o método e a estrutura de preferência do decisor.

---

## 6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

### 6.1 Conclusões

Este trabalho teve como objetivo a aplicação de um método de Apoio Multicritério a Decisão para a etapa de priorização do problema de seleção de projetos de P&D para compor o portfólio de projetos da CELPE. A abordagem de sobreclassificação (*outranking*) foi a adotada, em especial o método PROMETHEE II.

Inicialmente foram introduzidos os conceitos básicos acerca da Pesquisa e Desenvolvimento, suas gerações e o papel estratégico que desempenha em uma organização que necessita integrar a tecnologia ao negócio. Foi explicitada a importância da decisão relativa a quais projetos de P&D devem ser executados e de que forma os recursos serão atribuídos a estes projetos.

Buscando tratar a seleção de projetos de P&D como um problema multicritério, estabeleceu-se uma base conceitual da área de decisão multicritério, necessária ao entendimento de alguns conceitos e foram apresentados alguns métodos multicritério ao leitor.

Apresentou-se uma revisão dos trabalhos desenvolvidos na área de seleção de portfólio, primeiramente de uma forma generalizada, em seguida no contexto dos projetos de P&D. A maioria dos trabalhos nessa área utiliza modelos econômicos e de análise custo/benefício, que avaliam o retorno financeiro dos projetos. Porém, modelos baseados unicamente no retorno esperado do investimento deixam de captar os benefícios estratégicos possivelmente resultantes da seleção. Verificou-se a existência de várias propostas que buscam ordenar os projetos de acordo com as preferências do decisor, porém, poucos trabalhos fazem uso da abordagem multicritério. Uma tendência verificada é a construção de modelos que apresentem diferentes metodologias de seleção de portfólio para que o decisor escolha a que melhor se adeque ao problema em estudo. Estes modelos apresentam uma grande flexibilidade, porém requerem uma grande quantidade de informações e exigem conhecimento do decisor acerca das metodologias. Detectou-se também o desenvolvimento de Sistemas de Apoio a Decisão usados para a seleção de projetos de P&D. A associação de um modelo de seleção de projetos a um SAD facilita o uso do modelo e melhora sua aceitabilidade por gestores.

---

Após detectadas as possibilidades para tratar o problema de seleção de projetos, explanou-se o caso da CELPE, sendo apresentadas as condições impostas pela agência reguladora e o modelo atualmente em uso na empresa para seleção de projetos de P&D. Em seguida, um modelo baseado no método multicritério ELECTRE IV aplicado ao caso da CELPE foi apresentado. Tal aplicação sugeriu a ampla possibilidade de utilização de outros métodos multicritério para solucionar este problema.

Utilizando-se os dados fornecidos por Santos (2004) a respeito do processo de seleção de projetos de P&D da empresa em questão, optou-se por aplicar o método AMD à etapa de priorização deste processo. Partindo da necessidade da escolha de um método AMD adequado ao problema da CELPE, utilizou-se uma abordagem onde as informações sobre o problema são obtidas a partir da execução de atividades, que culminam na aplicação do método selecionado. A execução das atividades resultou na escolha e posterior aplicação ao problema do método PROMETHEE II.

A escolha do método PROMETHEE II deve-se à problemática tratada no problema e ao fato do decisor estabelecer implicitamente relações intercritérios que se optou por materializar na forma de pesos. Os resultados obtidos na aplicação do PROMETHEE II mostraram-se consistentes. Portanto, o presente trabalho fornece subsídios para a utilização deste método na priorização de projetos de P&D e reforça a aplicabilidade de outros métodos de AMD ao problema.

## **6.2 Sugestões para trabalhos futuros**

O trabalho desenvolvido não consiste apenas em uma aplicação de um modelo para a priorização de projetos de P&D. Buscou-se ao longo do texto fornecer uma visão geral da área de P&D e da riqueza do enfoque multicritério, além de proporcionar uma revisão dos trabalhos que vem sendo feitos na área de seleção de projetos, em especial de projetos de P&D. O fato da metodologia aqui proposta ter resultado na aplicabilidade do modelo considerado ao problema da CELPE tem grande valia, assim como também abre um leque de possibilidades para novas propostas. Nesse sentido propõe-se como sugestão para trabalhos futuros:

- Aplicar o modelo proposto ao mesmo problema abordado, porém considerando outros tipos de critérios generalizados;
- A aplicação do método PROMETHEE em outras áreas que lidam com o problema de

- 
- priorização de projetos, pois apesar do modelo ter sido utilizado para a priorização de projetos de P&D nada impede que seja utilizado para priorizar projetos de outra natureza;
- A aplicação do modelo proposto ao contexto de outras empresas, seja do setor energético ou não;
  - Utilização de outras metodologias para tratar o problema da CELPE;
  - O desenvolvimento de um Sistema de Apoio a Decisão com o intuito de instrumentalizar o modelo;
  - A construção de modelos que levem em consideração a interação entre os projetos para compor um portfólio de P&D.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, L.H. Avaliação e Gestão de Projeto na Construção Civil com Apoio do Método Multicritério Promethee. Recife, 2003. 113p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de produção – Universidade Federal de Pernambuco).

ALMEIDA, A.T. & COSTA, A.P.C.S. (org.). Aplicações com Métodos Multicritério de Apoio a Decisão. Recife, Editora Universitária da UFPE, 2003.

ARCHER, N.P.; GHASEMZADEH, F. An integrated framework for project portfolio selection. *International Journal of Project Management*. v.17, n.4, p.207-216, 1999.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 22 jan. 2006.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Manual dos Programas de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor Elétrico Brasileiro. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 22 jan. 2006.

BROWN, R. Managing the S curves of innovation. *The Journal of Consumer Marketing*, p.61-72, 1992.

CAVALCANTE, C.A.V. Modelos Multicritério de Apoio a Decisão para Manutenção Preventiva Baseados no Método Promethee. Recife, 2003. 125p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Pernambuco).

CELPE. Companhia Energética de Pernambuco. Disponível em: <<http://www.celpe.com.br>>. Acesso em: 22 jan. 2006.

CHU, P.Y.V.; HSU, Y.L.P.; FEHLING, M. A decision support system for project portfolio selection. *Computers in Industry*, v.32, p.141-149, 1996.

- 
- COLDRICK, S.; LONGHURST, P.; IVEY, P.; HANNIS, J. An R&D options selection model for investment decisions. *Technovation*. v.25, p.185-193, 2005.
- DAY, G.S.; SCHOEMAKER, P.J.H.; GUNTHER, R.E. *Gestão de tecnologias emergentes: a visão da Wharton School*. Porto Alegre, Bookman, 2003.
- DRUCKER, P. F. *Inovação e espírito empreendedor (entrepreneurship) - prática e princípios*. 2.ed. São Paulo, Pioneira, 1987.
- EDWARDS, W.; BARRON, F.H. Smarts and Smarter: Improved Simple Methods for Multi attribute Utility Measurement. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. v.60, p.306-325, 1994.
- ELKINS, T. & KELLER, R.T. Leadership in research and development organizations: A literature review and conceptual framework. *The Leadership Quarterly*. v.14, p.587-606, 2003.
- GHASEMZADEH, F.; ARCHER, N.P. Project portfolio selection through decision support. *Decision Support Systems*. v.29, p.73-88, 2000.
- GHAURI, P.N.; GRONHAUG, K.; KRISTIANSLUND, I. *Research methods in business studies - a practical guide*. New York, Prentice Hall, 1995.
- GOMES, L.F.A.M.; GOMES, C.F.S.; ALMEIDA, A.T. de. *Tomada de Decisão Gerencial: enfoque multicritério*. São Paulo, Atlas, 2002.
- GUSMÃO, A.P.H. Modelo Multicritério para priorização de portfólio. Recife, 2005. 88p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Pernambuco).
- JUNG, C.F. *Metodologia para Pesquisa & Desenvolvimento – aplicada a novas tecnologias, produtos e processos*. Rio de Janeiro, Axcel Books, 2004.

---

ROUSSEL, P.A.; SAAD, K.N.; BOHLIN, N. *Pesquisa e Desenvolvimento – como integrar P&D ao plano estratégico e operacional das empresas como fator de produtividade e competitividade*. São Paulo, Makron Books, 1992.

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

SANTOS, W.B. *Modelo de Gestão Executiva do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico da CELPE*. Recife, 2004. 99p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Pernambuco).

SCHUMPETER, J. A. *The Theory of economic development - an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*. Cambridge Mass, Harvard University, 1968.

TIAN, Q.; MA, J.; LIANG, J.; KWONG, R.C.W.; LIU, O. An organizational decision support system for effective R&D project selection. *Decision Support Systems*. v.39, p.403-413, 2005.

VINCKE, P. *Multicriteria decision-aid*. Wiley, Bruxelles, 1992.

## ANEXO

### Tabela das fases do Processo de Avaliação e Aprovação do Programa Anual da ANEEL

Tabela A1 – Fases do Processo de Avaliação e Aprovação do Programa Anual de P&D

Fases	Descrição
Empresa elabora a proposta de Programa	As empresas de energia elétrica elaboram os seus Programas Anuais, conforme as orientações do Manual dos Programas de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor Elétrico Brasileiro elaborado pela ANEEL em 2001.
Empresa envia proposta à ANEEL	Um formulário que apresenta o Quadro resumo dos projetos e investimentos é enviado à ANEEL, aos cuidados da Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição (SRD), e os formulários de Caracterização do projeto para <a href="mailto:srdped@aneel.gov.br">srdped@aneel.gov.br</a> .
ANEEL avalia projetos	A ANEEL, através de seus prepostos autorizados, avalia o mérito dos projetos do Programa proposto.
ANEEL envia formulário de Avaliação de projetos de P&D à empresa	Em um prazo de 30 dias do recebimento da proposta do Programa, a ANEEL, por meio do formulário de Avaliação de projetos de P&D, informa o resultado da avaliação.
1ª Avaliação OK?	Não: Empresa de energia elétrica revisa/modifica ou propõe projeto alternativo para ajustar a proposta de Programa e reenvia proposta em 30 dias.
	Sim: A ANEEL aprova o Programa, expede despacho específico e cadastra os Programas para acompanhamento.
2ª Avaliação OK?	Não: A ANEEL expede despacho específico aprovando os projetos aceitos, remaneja a diferença para o próximo ciclo e encaminha processo para a AE/SFE/SFG.
	Sim: A ANEEL aprova o Programa, expede despacho específico e cadastra os Programas para acompanhamento.

Fonte: ANEEL (2001)

## APÊNDICE

### Tabelas das Intensidades de Preferência calculadas para cada critério

*Tabela Ap1 – Intensidades de preferência para o critério Factibilidade do Plano de Pesquisa (C1)*

<b>P<sub>C1</sub>(a,b)</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>	<b>P9</b>	<b>P10</b>	<b>P11</b>	<b>P12</b>	<b>P13</b>
<b>P1</b>	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>P2</b>	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>P3</b>	1	1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>P4</b>	1	1	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>P5</b>	1	1	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>P6</b>	1	1	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0
<b>P7</b>	1	1	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0
<b>P8</b>	1	1	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
<b>P9</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
<b>P10</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
<b>P11</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
<b>P12</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
<b>P13</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

Fonte: Autor

*Tabela Ap2 – Intensidades de preferência para o critério Recursos Para Execução (C2)*

<b>P<sub>C2</sub>(a,b)</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>	<b>P9</b>	<b>P10</b>	<b>P11</b>	<b>P12</b>	<b>P13</b>
<b>P1</b>	-	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>P2</b>	0	-	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>P3</b>	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>P4</b>	0	0	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>P5</b>	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>P6</b>	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0
<b>P7</b>	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0
<b>P8</b>	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
<b>P9</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
<b>P10</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
<b>P11</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
<b>P12</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
<b>P13</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

Fonte: Autor

Tabela Ap3 – Intensidades de preferência para o critério Capacitação do Coordenador da Equipe (C3)

P <sub>C3</sub> (a,b)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
P1	-	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
P2	0	-	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
P3	0	0	-	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
P4	0	0	0	-	0	0	0	1	1	0	0	0	0
P5	0	0	0	0	-	0	0	1	1	0	0	0	0
P6	0	0	0	0	0	-	0	1	1	0	0	0	0
P7	0	0	0	0	0	0	-	1	1	0	0	0	0
P8	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
P9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
P10	0	0	0	0	0	0	0	1	1	-	0	0	0
P11	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	-	0	0
P12	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	-	0
P13	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	-

Fonte: Autor

Tabela Ap4 – Intensidades de preferência para o critério Capacitação da Equipe (C4)

P <sub>C4</sub> (a,b)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
P1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P5	1	1	1	1	-	0	0	1	1	0	0	0	0
P6	1	1	1	1	0	-	0	1	1	0	0	0	0
P7	1	1	1	1	0	0	-	1	1	0	0	0	0
P8	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
P9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
P10	1	1	1	1	0	0	0	1	1	-	0	0	0
P11	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	-	0	0
P12	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	-	0
P13	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	-

Fonte: Autor

Tabela Ap5 – Intensidades de preferência para o critério Transferência dos Resultados (C5)

P <sub>cs(a,b)</sub>	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
P1	-	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1
P2	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3	0	1	-	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1
P4	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P5	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
P6	0	1	0	1	1	-	1	1	0	0	0	0	1
P7	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0
P8	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
P9	0	1	0	1	1	0	1	1	-	0	0	0	1
P10	0	1	0	1	1	0	1	1	0	-	0	0	1
P11	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	-	0	1
P12	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	-	1
P13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

Fonte: Autor

Tabela Ap6 – Intensidades de preferência para o critério Retorno do Projeto para a Empresa (C6)

P <sub>c6(a,b)</sub>	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
P1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P2	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P3	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P4	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P5	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	1
P6	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	1
P7	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	1
P8	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	1
P9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	1
P10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	1
P11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	1
P12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1
P13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

Fonte: Autor

Tabela Ap7 – Intensidades de preferência para o critério Benefício do Projeto para a Sociedade/Cliente (C7)

P <sub>C7</sub> (a,b)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
P1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2	1	-	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1
P3	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4	1	0	1	-	0	1	0	1	0	1	1	1	1
P5	1	0	1	0	-	1	0	1	0	1	1	1	1
P6	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0
P7	1	0	1	0	0	1	-	1	0	1	1	1	1
P8	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
P9	1	0	1	0	0	1	0	1	-	1	1	1	1
P10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
P11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
P12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
P13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

Fonte: Autor

Tabela Ap8 – Intensidades de preferência para o critério Alinhamento com os Objetivos Empresariais (C8)

P <sub>C8</sub> (a,b)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
P1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
P2	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
P3	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
P4	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	1	1	0
P5	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	1	1	0
P6	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	1	1	0
P7	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	1	1	0
P8	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	1	1	0
P9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	1	1	0
P10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	0
P11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
P12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
P13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	-

Fonte: Autor

Tabela Ap9 – Intensidades de preferência para o critério Custo da Carteira (C9)

P <sub>C9</sub> (a,b)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
P1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P5	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
P6	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0
P7	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0
P8	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
P9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
P10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
P11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
P12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
P13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

Fonte: Autor

Tabela Ap10 – Intensidades de preferência para o critério Ativos Empresariais (C10)

P <sub>C10</sub> (a,b)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
P1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3	1	1	-	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0
P4	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P5	1	1	0	1	-	0	0	1	1	1	0	1	0
P6	1	1	0	1	0	-	0	1	1	1	0	1	0
P7	1	1	0	1	0	0	-	1	1	1	0	1	0
P8	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
P9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
P10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
P11	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	-	1	0
P12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
P13	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	-

Fonte: Autor