



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**ERCILIO SANTOS**

**DEFINIÇÃO DE PRIORIDADES E SELEÇÃO DE PROJETOS DE INOVAÇÃO EM  
UMA ORGANIZAÇÃO PÚBLICA DE PESQUISA**

**CAMPINAS**

**2016**

**ERCILIO SANTOS**

**DEFINIÇÃO DE PRIORIDADES E SELEÇÃO DE PROJETOS DE INOVAÇÃO EM  
UMA ORGANIZAÇÃO PÚBLICA DE PESQUISA**

**TESE APRESENTADA AO INSTITUTO DE  
GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
CAMPINAS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
DOUTOR EM POLÍTICA CIENTÍFICA E  
TECNOLÓGICA**

**ORIENTADOR: PROF. DR. SÉRGIO LUIZ MONTEIRO SALLES-FILHO**

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A VERSÃO FINAL  
DA TESE DEFENDIDA PELO ALUNO ERCILIO  
SANTOS E ORIENTADA PELO PROF. DR. SERGIO  
LUIZ MONTEIRO SALLES FILHO**

**CAMPINAS**

**2016**

**Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s):** Não se aplica.

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca do Instituto de Geociências  
Cássia Raquel da Silva - CRB 8/5752

Santos, Ercilio, 1967-  
Sa59d Definição de prioridades e seleção de projetos de inovação em uma  
organização pública de pesquisa / Ercilio Santos. – Campinas, SP : [s.n.], 2016.

Orientador: Sergio Luiz Monteiro Salles Filho.  
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de  
Geociências.

1. Pesquisa e desenvolvimento. 2. Inovação. 3. Projetos. 4. Embrapa. I.  
Salles Filho, Sergio, 1959-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de  
Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Priority setting and innovation project selection in a public research organization

**Palavras-chave em inglês:**

Research and development

Innovation

Projects

Embrapa

**Área de concentração:** Política Científica e Tecnológica

**Titulação:** Doutor em Política Científica e Tecnológica

**Banca examinadora:**

Sergio Luiz Monteiro Salles Filho [Orientador]

Ruy de Quadros Carvalho

Marcelo Gonçalves do Amaral

Sérgio Kannebley Junior

Leonardo Tomazeli Duarte

**Data de defesa:** 25-08-2016

**Programa de Pós-Graduação:** Política Científica e Tecnológica



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

**AUTOR:** Ercilio Santos

**“Definição de Prioridades e Seleção de Projetos de Inovação em uma  
Organização Pública de Pesquisa.”**

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Sergio Luiz Monteiro Salles Filho

Aprovada em: 25 / 08 / 2016

**EXAMINADORES:**

Prof. Dr. Sergio Luiz Monteiro Salles Filho

Prof. Dr. Ruy de Quadros Carvalho

Prof. Dr. Marcelo Gonçalves do Amaral

Prof. Dr. Sérgio Kannebley Junior

Prof. Dr. Leonardo Tomazeli Duarte

***A Ata de Defesa assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no  
processo de vida acadêmica do aluno.***

Campinas, 25 de agosto de 2016.

## AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, que possibilitou por meio de seu Programa de Formação Profissional, a oportunidade de dedicação integral ao curso de doutorado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Sergio Luiz Monteiro Salles Filho pelos ensinamentos, convivência, compreensão e apoio permanente na elaboração desse trabalho.

Aos meus conselheiros acadêmicos na Embrapa, Dr. Ivan Sérgio (DPD) e Dra. Daniela Lopes (SIM) pelas conversas e convivência profissional.

Ao Departamento de Política Científica e Tecnológica, do Instituto de Geociências da Unicamp, a seu corpo docente e funcionários, especialmente a Val e a Gorete, pela qualidade do curso e pelo apoio constante e profissional.

Aos colegas da Embrapa e do curso pela convivência e motivação.

À minha chefe no DPD, que me liberou para a pós-graduação, Dra. Mirian Therezinha Souza da Eira e aos meus chefes e líderes na Embrapa ao longo desses anos, Dr. Carlos Lazarini, Dr. Eduardo Sarmiento, Dr. Cláudio Karia, Dr. Ivan Sérgio, Dra. Daniela Lopes, Dr. Celso Moretti e Dr. Ruy Fontes pelo incentivo.

À minha companheira, Marinalva e minha mãe, Rosari, pelo carinho, incentivo e paciência permanentes.

## RESUMO

### DEFINIÇÃO DE PRIORIDADES E SELEÇÃO DE PROJETOS DE INOVAÇÃO EM UMA ORGANIZAÇÃO PÚBLICA DE PESQUISA

As organizações públicas de pesquisa (OPPs) estão diante de um cenário no qual a busca da competitividade se torna crescente e no qual a necessidade de condução eficiente de suas atividades se impõe. O ambiente de atuação dessas instituições é definido pela presença de múltiplos atores e desafios tais como a redução de recursos financeiros, a emergência de novos campos na ciência, a discussão sobre o papel do Estado e as mudanças em seu ambiente de atuação. O estabelecimento de prioridades e seleção de projetos de P,D&I no setor público é uma tarefa complexa dada a concorrência de fatores políticos e técnico científicos. Ou seja, ao critério de excelência científica mesclam-se outros de relevância social e de preferências políticas, seja no sentido de políticas públicas, seja no sentido da disputa política prevalecente no momento. Não bastasse essa complexa combinação, o próprio avanço de forças de mercado, introduzindo novos atores e tornando o “mercado” da pesquisa um ambiente competitivo, coloca desafios ainda maiores para a definição de prioridades e para a decisão de investimento em programas e projetos de pesquisa nas OPPs. A seleção de projetos de P,D&I é caracterizada por informação incerta e mutável, pois lida com eventos que ainda não ocorreram, constituindo um problema complexo e não trivial com importantes implicações organizacionais. Assim, a questão que este trabalho procura responder está relacionada aos fundamentos e diretrizes que devem orientar a seleção de projetos e a formação de portfolio de projetos de P,D&I em uma organização pública de pesquisa. Nesse sentido, se trata de uma tese exploratória, cujo objetivo central é a proposição de uma abordagem metodológica para futura aplicação na seleção de projetos de P,D&I, capaz de lidar com a diversidade de situações e problemas de pesquisa e inovação de uma organização pública de pesquisa. Portanto, o problema consiste na seleção das ações gerenciais para atuação em um sistema complexo e o posicionamento dos métodos e técnicas para priorização e seleção de projetos no modelo analítico utilizado neste trabalho possibilitou a identificação de abordagens gerenciais para lidar com as especificidades desse processo decisório. Mais do que auxílio à decisão, esses métodos contribuem para o aprendizado organizacional ao destacarem a complexidade ambiental, o nível de conhecimento disponível para a decisão, a relevância de cada critério e as distintas posições e interesses dos atores do processo. A contribuição deste trabalho para o tema de definição de prioridades e seleção de projetos de inovação em uma organização pública de pesquisa é a proposição de uma abordagem metodológica capaz de considerar no processo decisório, elementos como; a participação e construção de acordo entre os atores envolvidos, a incerteza inerente à pesquisa, desenvolvimento e inovação e, finalmente, as técnicas, ferramentas e métodos disponíveis para auxílio à tomada de decisão.

**Palavras-chave:** pesquisa e desenvolvimento; inovação; projetos; Embrapa

## ABSTRACT

### PRIORITY SETTING AND INNOVATION PROJECT SELECTION IN A PUBLIC RESEARCH ORGANIZATION

Public research organizations (PRO's) are facing a scenario in which competitiveness and the need for efficiency become critical. The environmental performance of these institutions is defined by the presence of multiple actors and challenges such as the reduction of financial resources, the emergence of new fields in science, the discussion about the role of the state and the changes in its operating environment. The prioritization and selection of research, development and innovation (R,D&I) projects in the public sector is a complex task given the competition of scientific and political factors. That is, the scientific excellence criterion mix up other social relevance and political preferences, either in the direction of public policy, or in the sense of the prevailing political dispute at the time. In spite of this complex combination, the very advance of market forces, introducing new actors and making the "market" research a competitive environment poses challenges for defining priorities and making decisions in programs and research projects. Selecting R,D&I projects is characterized by uncertain and changeable information, because it deals with events that have not yet occurred, forming a complex and non-trivial problem with important organizational implications. Therefore, the question that this work seeks to answer is related to fundamentals and guidelines that should guide the selection of projects and the portfolio of R,D&I projects in a public research organization. In this sense, it is an exploratory thesis, whose main objective is to propose a methodological approach for future application in the selection of R,D&I projects able to handle the diversity of situations and research problems and innovation of a public research organization. The problem is in the selection of management actions to work in a complex system and the positioning of methods and techniques for prioritizing and selecting projects in the analytical model used in this study allowed the identification of managerial approaches to deal with the specifics of this decision-making process. More than aid to decision-making, these methods contribute to organizational learning by highlighting the environmental complexity, the level of knowledge available to the decision, the relevance of each criterion and the different positions and interests of the actors of the process. The contribution of this work to the issue of prioritization and selection of innovation projects in a public research organization is to propose a methodological approach able to consider in the decision-making process, elements such as; participation and construction agreement between the actors involved, the inherent uncertainty of research, development and innovation, and finally, the techniques, tools and methods available to aid decision making.

**Keywords:** research and development; innovation; projects; Embrapa

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Relações entre P&D, C&T e inovação .....	20
<b>Figura 1.2.</b> O momento da organização ambidestra .....	36
<b>Figura 2.1.</b> Estrutura para avaliação da pesquisa pública .....	59
<b>Figura 2.2</b> Hierarquia de decisão segundo o AHP .....	85
<b>Figura 2.3</b> Comparação entre uma hierarquia linear (AHP) e uma rede de <i>feedback</i> (ANP) .....	88
<b>Figura 2.4</b> As regiões da Matriz de Stacey .....	110
<b>Figura 2.5</b> Uma simplificação da Matriz de Stacey .....	112
<b>Figura 2.6</b> Os métodos de priorização e seleção de projetos de P,D&I na Matriz de Stacey .....	117
<b>Figura 4.1</b> Matriz de Stacey .....	146
<b>Figura 4.2</b> Organograma da Embrapa .....	149
<b>Figura 4.3</b> O Sistema Embrapa de Gestão (SEG) .....	156
<b>Figura 4.4</b> Programação do SEG em execução (em %) .....	175
<b>Figura 4.5</b> Recursos alocados por macroprograma (em %) .....	175
<b>Figura 4.6</b> Posicionamento dos macroprogramas na Matriz de Stacey .....	176
<b>Figura 4.7</b> Posicionamento dos métodos de priorização e seleção de projetos de P,D&I e macroprogramas na Matriz de Stacey .....	183

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.1</b> Os pressupostos fundamentais sobre dinâmica de sistemas em diferentes perspectivas no processo estratégico .....	41
<b>Tabela 2.1</b> Comparação entre projeto e portfolio .....	65
<b>Tabela 2.2</b> Escala fundamental de comparação par a par (Escala de Saaty).....	70
<b>Tabela 3.1</b> Uma tipologia da definição de prioridades sistêmica .....	131
<b>Tabela 3.2</b> Critérios e sub-critérios para priorização em P,D&I .....	134
<b>Tabela 4.1</b> Sistema Embrapa de Planejamento - Programas nacionais de P&D da Embrapa .....	153
<b>Tabela 4.2</b> Riscos e ameaças para o negócio da Embrapa e as estratégias para o enfrentamento .....	164

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAFC – *Agriculture and Agri-Food Canada*

AGROPENSA – Sistema de Inteligência Estratégica da Embrapa

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

ANP - *Analytic Network Process*

ARRA – *American Recovery and Reinvestment Act*

ARS – *Agricultural Research Service*

BSC – *Balanced Scorecard*

C&T – Ciência e Tecnologia

CAN – Conselho Assessor Nacional

CGE – Comitê Gestor das Estratégias

CGP – Comitê Gestor da Programação

CONSAD – Conselho de Administração

CP – *Constraint programming* (Programação de restrição)

C,T&I – Ciência, tecnologia e inovação

CTI – Comitê Técnico Interno

CTMP – Comissão Técnica de Macroprograma

CTS – Comitê Técnico da Sede

DE – Diretoria Executiva

DEA – *Data Envelopment Analysis*

DI – Desenvolvimento Institucional

DMU – *Decision Making Unit*

DNPEA – Departamento Nacional de Pesquisa e Experimentação Agropecuária

DOE – *Department of Energy*

ELECTRE - *ELimination Et Choix Traduisant la REalité*

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FBS – *Filtered Beam Search*

FCD – Fluxo de Caixa Descontado

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz

FOA – *Funding Opportunity Announcement*

GEOPI – Laboratório de Estudos sobre Organização da Pesquisa e da Inovação

ILP – Integer linear programming (Programação linear inteira)

INIA – Uruguai – *Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria*

INTEGRO – Sistema Integrado de Gestão de Desempenho da Embrapa

IRRI – *International Rice Research Institute*

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MCDA – *Multiple Criteria Decision Aid*

MOCO – *Multiobjective Combinatorial Optimization*

MoEA – *Multiobjective Evolutionary Algorithms*

MP – Macroprograma

NEM – Nova entidade molecular

NIH – *National Institutes of Health*

OECD – *Organisation for Economic Co-operation and Development*

OPP – Organização pública de pesquisa

OEPA – Organização Estadual de Pesquisa Agropecuária

P-ACO – *Pareto Ant Colony Optimization*

PA – *Program Announcements*

P&D – Pesquisa e desenvolvimento

P,D&I – Pesquisa, desenvolvimento e inovação

PDE – Plano Diretor da Embrapa

PDU – Plano Diretor da Unidade

PMI – *Project Management Institute*

PROMETHEE - *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*

PROMETHEE-MD-2T-I e II - *Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluation Multi Decision Maker 2-Tuple I e II*

PSI – *Project Strategic Index*

RBV – *Resource-Based View*

REH – *Rational Expectations Hypothesis*

RFA – *Request for Applications*

ROI – *Return on investment* (retorno sobre o investimento)

SAU – Sistema de Avaliação das Unidades

SEG – Sistema Embrapa de Gestão

SEP – Sistema Embrapa de Planejamento

SNPA – Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária

SS-PPS – *Scatter Search for Project Portfolio Selection*

TCA – *Technology Cluster Analysis*

TIR – Taxa Interna de Retorno

TOR – Teoria de Opções Reais

TS – *Tabu Search*

TT – Transferência de tecnologia

UC – Unidade central

UD – Unidade descentralizada

VPL – Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

RESUMO .....	6
ABSTRACT .....	7
LISTA DE FIGURAS .....	8
LISTA DE TABELAS .....	9
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	10
INTRODUÇÃO .....	15
CAPÍTULO 1 - A GESTÃO DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO (P,D&I) .....	19
1.1 A inovação: abordagens e o fundamento evolutivo .....	19
1.2 As capacidades dinâmicas e a inovação .....	23
1.3 Inovação radical, inovação realmente nova, inovação descontínua e inovação de ruptura – a <i>major innovation</i> .....	29
1.4 Inovação e complexidade .....	38
1.5 Incerteza e a gestão da pesquisa, desenvolvimento e inovação .....	44
CAPÍTULO 2 - DEFINIÇÃO DE PRIORIDADES E SELEÇÃO DE PROJETOS DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO .....	54
2.1. Pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I) e projetos de P,D&I .....	55
2.2. Portfolio, projetos e seleção de projetos de P,D&I .....	59
2.3. Abordagens, técnicas e ferramentas de seleção de projetos de P,D&I .....	66
2.3.1 Métodos de medição de benefícios .....	69
2.3.2 Abordagens de programação matemática .....	71
2.3.3 Abordagens de emulação cognitiva .....	72
2.3.4 Modelos de simulação e heurísticos .....	73
2.3.5 Opções reais .....	74
2.3.6 Abordagens <i>ad hoc</i> .....	74
2.4. Uma revisão exploratória sobre os principais métodos e abordagens para seleção de projetos de P,D&I .....	75
2.4.1 Métodos econômicos e financeiros .....	77
2.4.2 Opções reais .....	80
2.4.3 Analytic Hierarchy Process (AHP) e Analytic Network Process (ANP) .....	84
2.4.4 Programação matemática .....	90
2.4.5 Métodos de escore .....	103
2.4.6 Abordagens heurísticas .....	104
2.4.7 <i>Data Envelopment Analysis (DEA)</i> e <i>Balanced Scorecard (BSC)</i> .....	107
2.5 Os métodos de definição de prioridades e seleção de projetos e a complexidade do problema de tomada de decisão .....	109

CAPÍTULO 3 - DEFINIÇÃO DE PRIORIDADES E SELEÇÃO DE PROJETOS DE P,D&I NAS ORGANIZAÇÕES PÚBLICAS DE PESQUISA .....	120
3.1 As organizações públicas de pesquisa: funções, características e contexto .....	120
3.2 As organizações públicas de pesquisa agrícola.....	126
3.3 Definição de prioridades e seleção de projetos nas organizações públicas de pesquisa .....	131
CAPÍTULO 4 – UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA A DEFINIÇÃO DE PRIORIDADES E SELEÇÃO DE PROJETOS DE P,D&I EM UMA ORGANIZAÇÃO PÚBLICA DE PESQUISA .....	145
4.1 Metodologia .....	145
4.1 Breve histórico .....	148
4.2 O Sistema Embrapa de Planejamento .....	153
4.3 O Sistema Embrapa de Gestão (SEG) – fundamentos, estrutura e funcionamento.....	156
4.4 O momento atual .....	163
4.5 Abordagens, métodos e técnicas de priorização e seleção de projetos de P,D&I para o Sistema Embrapa de Gestão .....	171
CONCLUSÃO .....	186
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	192

## INTRODUÇÃO

As organizações estão diante de uma diversidade de desafios na forma de competição global e demandas sociais crescentes. Nesse sentido, empreender iniciativas transformadoras que proporcionem a geração de novas estratégias de negócios é fundamental e a inovação é frequentemente citada como uma estratégia chave para competitividade e, desse modo, as firmas precisam buscar fluxos de novos produtos e processos. As organizações públicas de pesquisa (OPPs), da mesma forma, estão diante de um cenário no qual a busca da competitividade se torna crescente e no qual a necessidade de condução eficiente de suas atividades se impõe. O ambiente de atuação dessas instituições é definido pela presença de múltiplos atores e desafios tais como, a redução de recursos financeiros, a emergência de novos campos na ciência, a discussão sobre o papel do Estado e as mudanças em seu ambiente de atuação. Para a sobrevivência e competitividade num contexto que não mais se alinha a um modelo linear de inovação, mas à inserção em sistemas de inovação, essas organizações públicas de pesquisa devem ser capazes de rever e desenvolver suas competências essenciais. Desse modo, para o cumprimento de sua missão, as OPPs precisam ser eficientes e eficazes e a incorporação da lógica da inovação é um aspecto da reorganização dessas instituições e, portanto, uma transição de organizações de P&D para organizações de PD&I.

A qualidade dos investimentos em ciência, tecnologia e inovação tem sido uma preocupação tanto dos governos quanto da sociedade e, nesse sentido, a importância da avaliação de políticas públicas e avaliação dos fundos públicos de P,D&I é cada vez mais relevante. Nesse contexto, avaliação tem se tornado uma ferramenta fundamental do planejamento e administração estratégica de programas públicos de apoio à P,D&I e, inclui tanto a apreciação *ex-ante* de programas, quanto avaliação *ex-post*, assim como todos os blocos construtores da avaliação, quais sejam a definição de prioridades (*priority setting*), monitoramento e avaliação de impacto. O estabelecimento de prioridades e seleção de projetos de P,D&I no setor público é uma tarefa complexa dada a concorrência de fatores políticos e científicos, além de elementos organizacionais e profissionais que concorrem para a forma como pesquisadores expressam suas preferências. Ou seja, a presença de múltiplos atores no processo, sob diferentes diretrizes organizacionais, políticas, científicas e institucionais, é uma questão permanentemente desafiadora.

A questão da escolha e gestão de portfólio de projetos diz respeito ao investimento eficiente dos recursos da organização, podendo ser vista como um método pelo qual a estratégia de negócios é operacionalizada e o processo de gestão de portfólio envolve a seleção de projetos, monitoramento, avaliação de resultados e avaliação de impactos. A prática e o contexto da gestão de portfólio de projetos questionam a aplicabilidade de modelos de tomada de decisão tradicionais, normativos e otimizadores, particularmente em um ambiente dinâmico. Dessa forma, o processo de decisão de portfólio e, especificamente, a seleção de projetos de P,D&I é caracterizado por informação incerta e mutável, pois lida com eventos futuros constituindo um problema complexo e não trivial com importantes implicações organizacionais. A proposta da seleção é definir um subconjunto viável de um conjunto maior de projetos promissores com base em múltiplos critérios. Os recursos são sempre limitados e restrições como política corporativa e relações contratuais estão sempre presentes. Baseados nessas restrições e incertezas, a gestão de P,D&I deve selecionar projetos baseada em critérios diversos e representando as metas e objetivos corporativos.

Assim, a questão que este trabalho procurará contribuir está relacionada aos fundamentos, diretrizes e abordagens metodológicas que devem orientar a seleção de projetos e a formação de portfólio de projetos de PD&I em uma organização pública de pesquisa agrícola. Nesse sentido, o objetivo central da tese é construir uma abordagem metodológica para seleção de projetos de P,D&I em organizações públicas de pesquisa, exploratoriamente, capaz de lidar com a diversidade de situações e problemas de pesquisa. Especificamente, o problema da tomada de decisão sob condições de incerteza e o nível de concordância entre as partes envolvidas no processo decisório. Para tal, o trabalho realiza uma pesquisa exploratória com o intuito de proporcionar maior familiaridade com o problema de definição de prioridades e seleção de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação. Desse modo, é uma pesquisa qualitativa, voltada ao aprofundamento da compreensão do problema e utiliza, como modelo analítico, a Matriz de Stacey para promover um posicionamento das abordagens, técnicas e métodos de priorização e seleção em consonância com os macroprogramas MP1, MP2 e MP3 do Sistema Embrapa de Gestão, que são os objetos de análise desta tese.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma. Em sequência a essa introdução, o Capítulo 1 abordará a gestão de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I), com foco nas especificidades, diversidade, e amplitude de situações apresentando uma breve evolução do tema inovação, suas abordagens principais, o fundamento evolutivo e o conceito de inovação. Num momento posterior, o enfoque se dará sobre as especificidades da gestão de

P,D&I e os conceitos básicos sobre decisão em condições de incerteza voltada ao problema de definição de prioridades e seleção de projetos. A natureza tateante e experimental que caracteriza a tomada de decisão no processo de inovação não é compatível com teorias da organização que postulam um alto grau de precisão nos cálculos de investimento ou conhecimento prévio das consequências do comportamento organizacional. A dinâmica econômica capitalista gera rupturas, instabilidades e descontinuidades e o motor das mudanças estruturais no capitalismo é a inovação, variável endógena ao sistema econômico. Desse modo, considerando um enfoque evolutivo, a definição de prioridades (*priority setting*) e seleção de projetos (*project selection*) de P,D&I devem considerar metodologias capazes de lidar com as incertezas no momento de busca e seleção.

O segundo capítulo discute as principais abordagens para a definição de prioridades de pesquisa e seleção de projetos, as principais ferramentas e métodos serão caracterizados e categorizados com o objetivo de proporcionar uma discussão sobre o atendimento de suas características às especificidades da gestão de P,D&I. No contexto anteriormente descrito, pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I) são fundamentais para desenvolvimentos incrementais e diversificação em novas linhas de produtos por meio de desenvolvimentos inovadores. Então, P,D&I tem um papel crucial no sucesso futuro das organizações contanto que os recursos estejam alocados nas atividades certas. Nesse contexto, a definição de prioridades e a seleção de projetos de P,D&I é somente uma parte da solução para gestão eficaz de P,D&I, mas ainda assim, é um problema estratégico que deve levar em consideração metas e objetivos geralmente conflitantes. A literatura sobre avaliação e seleção de projetos de P,D&I é ampla e as abordagens tradicionais focam principalmente em ferramentas quantitativas. Porém, essas abordagens ignoram múltiplos fatores que impactam a seleção de projetos, dentre os quais, o problema da incerteza.

As funções, características, especificidades e perspectivas das organizações públicas de pesquisa (OPPs) serão abordadas no Capítulo 3. Desse modo descreverá esse tipo de organização, com foco nos temas e questões contemporâneas enfrentadas por essas instituições e a relação com as especificidades da P,D&I será identificada e explorada. Uma discussão sobre o problema das OPPs em relação aos temas de definição de prioridades e seleção de projetos será realizada, e de que forma a questão vem sendo tratada por essas organizações. Nesse sentido, serão consideradas as demandas da sociedade, do governo, da indústria e da própria ciência. O estabelecimento de prioridades em ciência e tecnologia é essencialmente um processo político complexo envolvendo múltiplos atores que interagem entre si. Assim, a gestão e o planejamento para P,D&I são tarefas complexas, dado que a

tomada de decisão, num momento inicial, e a produção de resultados e impactos no futuro é, por definição, incerta.

No último capítulo é abordado o Sistema Embrapa de Gestão (SEG), implantado a partir de 2002, em sucessão a modelos anteriores de gestão de P,D&I, com o objetivo de promover uma visão sistêmica e integrada de gestão da Empresa, procurando ajustar a programação de pesquisa aos seus objetivos estratégicos. Como modelo analítico é utilizado o Diagrama (ou Matriz) de Stacey que considera diferentes perspectivas para o entendimento de questões relativas à gestão da complexidade e fornece um método destinado a sistemas adaptativos complexos<sup>1</sup>. Possíveis aplicações para o uso da Matriz de Stacey são a escolha entre abordagens de gestão para um problema específico ou decisão; proporcionar sentido ao conjunto de decisões e servir de agenda para o grupo decisório; comunicação da justificativa de adoção de uma abordagem específica e; lidar com a incerteza e o desacordo quando inovações e alternativas criativas são necessárias.

Finalmente, são apresentadas as conclusões do trabalho, onde é destacada a complexidade do problema de seleção de projetos de P,D&I, em função da informação incerteza e mutável que o caracteriza e do processo dinâmico que permeia o processo de tomada de decisão. Conseqüentemente, a otimização não deve ser um objetivo a ser considerado na priorização e seleção de projetos de inovação, mas sim, em função do conhecimento disponível, objetivos, critérios e atores presentes no processo decisório. Nesse contexto, o problema refere-se à seleção de ações gerenciais para atuação em um sistema complexo e, portanto, a contribuição do trabalho está na proposição de uma abordagem metodológica que proporciona a compreensão das questões envolvidas na priorização e seleção de projetos de P,D&I em uma organização pública de pesquisa e a escolha dos métodos e ferramentas adequadas para a decisão.

---

<sup>1</sup> Um sistema adaptativo complexo é um sistema não linear com potencial de auto-organização em um ambiente permeável que, em alguns momentos, se afasta do equilíbrio. Alguns exemplos são o sistema imunológico, o mercado de capitais e o sistema nervoso humano. Fonte: [http://www.gp-training.net/training/communication\\_skills/consultation/equipoise/complexity/stacey.htm](http://www.gp-training.net/training/communication_skills/consultation/equipoise/complexity/stacey.htm)

## **CAPÍTULO 1 - A GESTÃO DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO (P,D&I)**

Este capítulo abordará a gestão de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I), focado em especificidades, diversidade e amplitude de situações apresentando uma breve evolução do tema inovação, suas abordagens principais, o fundamento evolutivo e o conceito de inovação. Num momento posterior, o enfoque se dará sobre as competências essenciais e capacidades dinâmicas necessárias para a sustentabilidade e competitividade organizacional com foco na inovação. Em função da necessidade de atuação da organização pública de pesquisa (OPP) em ambientes que demandam inovações incrementais e radicais é abordado o conceito de organização ambidestra. Encerrando esse capítulo, a abordagem se volta para as especificidades da gestão de P,D&I com um direcionamento à discussão do problema da incerteza e os conceitos básicos sobre decisão em condições de incerteza com base na ideia de racionalidade e decisão voltada ao problema de definição de prioridades e seleção de projetos e de carteira de projetos.

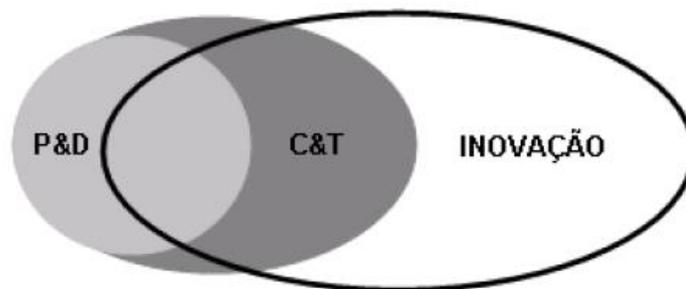
No próximo item são apresentados os conceitos de inovação, a abordagem evolucionária da mudança econômica e a possibilidade de análise das organizações públicas de pesquisa a partir dos elementos de busca e seleção dado que esse tipo de organização também é dotado de capacidades e rotinas específicas que definem seu processo decisório.

### **1.1 A inovação: abordagens e o fundamento evolutivo**

A natureza tateante e experimental que caracteriza a tomada de decisão no processo de inovação encontra dificuldades de solução sob modelos otimizadores, simplesmente porque o ótimo de algo inexistente ou parcialmente conhecido será sempre fruto de subjetividades. A incerteza associada à inovação pode ser checada nas diferenças de opinião sobre a seleção de projetos e estratégias alternativas: um mesmo conjunto de dados e informações sobre características de um mesmo conjunto de projetos pode – e regularmente o faz – levar a diferentes priorizações dos agentes envolvidos. Como há muito se registrou, a incerteza no processo de inovação é a norma e não uma exceção (FREEMAN, 1974/2008). Ainda com mais intensidade que nas decisões rotineiras de produção dos agentes econômicos, a priorização e a escolha de projetos de inovação é fundada em conhecimento parcial (*partial knowledge* nas palavras de Frank Knight, 1921) que encontra diferentes formas de cálculo.

Inovação, segundo o Manual de Oslo (OECD, 2005), é a implementação de um produto (bem ou serviço) ou processo novo ou significativamente melhorado, de um novo método de mercado (*marketing*) ou de um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas da empresa. Esse conceito, como destaca Bin (2008) é um conceito restrito ao mercado. Por sua vez, a ampliação do conceito de inovação, não restrito ao mercado, considera o processo de criação e apropriação social (via mercado ou não) de produtos, processos e métodos que não existiam anteriormente, ou contendo alguma característica nova e diferente da até então em vigor (BIN, 2008). Ainda que as inovações tecnológicas estejam frequentemente associadas a atividades científicas e tecnológicas, principalmente no seu componente de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), elas não resultam apenas deste tipo de atividade. Segundo o Manual de Frascati 2002 (OECD, 2002) as atividades de ciência e tecnologia (C&T) compreendem o esforço sistemático, diretamente relacionado com a geração, avanço, disseminação e aplicação do conhecimento científico e técnico em todos os campos da atividade humana. Por sua vez, a P&D compreende o trabalho criativo levado a cabo de forma sistemática para incrementar o volume dos conhecimentos humanos, culturais e sociais e os usos destes para a obtenção de novas aplicações. A P&D tem como componentes fundamentais a pesquisa básica, a pesquisa aplicada e o desenvolvimento experimental, empreendidos no intuito de solucionar um problema em determinada área do conhecimento ou em determinada atividade por meio da introdução de um elemento apreciável de novidade. A P&D é ou pode vir a ser parte do processo de inovação. Nesse sentido, Bin e Salles-Filho (2007) explicitam na Figura 1.1, as relações entre P&D, C&T e inovação.

**Figura 1.1** Relações entre P&D, C&T e inovação



**Fonte:** Bin e Salles-Filho (2007)

A inovação, observam Tidd *et al.* (2008) pressupõe a capacidade da organização em estabelecer relações, identificar oportunidades e aproveitá-las. Ainda, a inovação não está relacionada somente à abertura de novos mercados envolvendo também, o atendimento a mercados já estabelecidos e maduros. A inovação não está restrita a bens manufaturados e é encontrada em qualquer atividade, na organização e na gestão, no comércio e nos serviços, tanto públicos quanto privados. Desse modo, inovação refere-se à mudança e esta pode assumir diversas formas, como inovação de produto, inovação de processo, inovação de posição quando há mudanças no contexto em que produtos/serviços são introduzidos até mudança de paradigma envolvendo transformações nos modelos mentais que orientam o que a empresa faz. A inovação é uma questão de combinação de conjuntos de conhecimentos novos e/ou já existentes. O conhecimento já pode existir por meio de experiência anterior ou pode resultar de um processo sistemático de busca – busca por tecnologias, mercados, ações da concorrência, etc. Pode ser explícito em sua forma, codificado de modo que outros possam acessá-lo ou pode existir de modo tácito, conhecido, mas sem formulação. O processo de combinação desses diferentes conjuntos de conhecimento em uma inovação ocorre sob condições de alta incerteza – não se sabe como a inovação será, nem se será possível obtê-la (TIDD *et al.*, 2008).

Nelson e Winter na obra seminal da abordagem evolucionária “*Uma teoria evolucionária da mudança econômica*” (1982) destacam que a mudança tecnológica é possuidora de um caráter incerto, tentativo, desordenado e errático, embora objetivamente buscada. Assim, é necessária uma reconstrução dos fundamentos teóricos da economia para a compreensão da mudança econômica. As firmas na teoria evolucionária são modeladas como possuidoras de capacidades e regras de decisão que se modificam ao longo do tempo, como resultado de esforços deliberados para a superação de problemas enquanto o mercado determina quais firmas são lucrativas e quais não o são. Da mesma forma, as organizações públicas de pesquisa podem ser abordadas, em função de possuírem determinadas capacidades específicas à sua atividade, rotinas e processos de tomada de decisão. Quanto a seus processos decisórios, aqueles relativos à definição de prioridades e seleção de projetos de P,D&I são particularmente importantes.

As organizações públicas de pesquisa atuam em um ambiente em constante mudança e são, também, agentes transformadores desse ambiente ao promoverem a inovação. Assim, suas rotinas de decisão envolvem a identificação de temas e problemas relevantes para a pesquisa, a seleção de projetos de P,D&I e o acompanhamento e avaliação dessa programação de pesquisa. O ambiente de seleção no qual atuam essas organizações é

caracterizado pela presença de atores e desafios diversos e seu portfolio de projetos deve ser, portanto, a expressão de sua estratégia de ação.

As rotinas de decisão empregadas pelas organizações são um conceito operacional básico para se entender como os agentes escolhem e decidem inovar. As organizações possuem padrões comportamentais regulares e razoavelmente previsíveis – “rotinas” – desde as rotinas técnicas relacionadas à suas operações cotidianas até aquelas relativas a novos investimentos, P&D e demais estratégias empresariais. De acordo com Nelson & Winter (1982), as rotinas assumiriam a função que os genes apresentam na teoria evolucionária biológica – são características persistentes do organismo e determinam seu comportamento possível, embora o comportamento seja determinado também pelo ambiente; são hereditárias, no sentido de que os organismos de amanhã gerados pelos de hoje têm características semelhantes, e são selecionáveis, pois organismos com certas rotinas podem se sair melhor que outros e sua importância relativa na população (no ramo de atividades) aumenta ao longo do tempo (NELSON & WINTER, 1982).

Desse modo, no que concerne aos processos de definição de prioridades e seleção de projetos de P&D em organizações públicas de pesquisa, essas rotinas dizem respeito à prospecção, definição de temas e problemas de pesquisa, métodos e técnicas de avaliação das propostas de projeto e a seleção final dessas propostas. Todas essas atividades como apenas uma parte de todo um processo de gestão da programação de pesquisa.

Esses processos guiados por rotinas e modificadores de rotina são modelados como “buscas”, conceito que constitui a contrapartida da mutação na teoria evolucionária biológica, sendo a busca parcialmente determinada pelas rotinas organizacionais. A preocupação central da teoria evolucionária diz respeito aos processos dinâmicos que determinam conjuntamente os padrões de comportamento da organização e os resultados de mercado ao longo do tempo, ou seja, um processo de seleção. Assim, os conceitos de “busca” e “seleção” interagem em processo não determinista, no qual o resultado da busca é verificável apenas *ex-post*.

Em outra perspectiva, a visão baseada em recursos (*resource-based view*), segundo Teece *et al.* (1997), enfatiza as rendas geradas para os proprietários de recursos escassos específicos à organização e, nesse sentido, a vantagem competitiva deriva de recursos idiossincráticos e de difícil imitação. Na visão baseada em recursos as organizações são heterogêneas quanto a seus recursos e capacidades e, pelo menos no curto prazo, elas são dependentes em algum grau daquilo que já possuem, dado que o desenvolvimento dos negócios é considerado um processo complexo e a organização não é capaz de substituir e

empregar competências em tempo real e sem custos imprevisíveis. Ainda, alguns ativos não são imediatamente negociáveis como, por exemplo, o conhecimento tácito e a reputação. Assim, se o controle de recursos escassos é a fonte de lucros econômicos, então o desenvolvimento de habilidades, a gestão do conhecimento e aprendizado são questões estratégicas fundamentais e é nessa dimensão, que considera a aquisição e acumulação de ativos organizacionais intangíveis ou invisíveis, que se encontra potencial estratégico de crescimento.

Para os propósitos da presente tese, isso significa que o processo decisório é, dentro de uma organização, dependente de capacidades específicas, portanto não generalizável – embora passível de cálculos intencionalmente maximizadores. Assim, também para O'Connor (2008), a teoria das capacidades dinâmicas surge a partir da visão baseada em recursos (*resource-based view - RBV*) que considera a organização como proprietária de estoques de recursos valiosos e específicos.

O próximo item apresenta uma discussão sobre as capacidades dinâmicas, inovação e a necessidade de ambidestria organizacional. Esses são elementos importantes para a compreensão da missão imputada a uma organização pública de pesquisa que deve priorizar e selecionar projetos de P,D&I capazes de proporcionar avanços inovadores para o setor em que atua.

## **1.2 As capacidades dinâmicas e a inovação**

A fonte das vantagens competitivas, conforme destacam Teece & Pisano (1994) são as capacidades dinâmicas de uma organização. São “dinâmicas” porque fazem referência ao caráter mutante do ambiente e um futuro de difícil determinação. Por sua vez, o termo “capacidades” enfatiza o papel chave da administração estratégica quanto à adaptação, integração e reconfiguração das habilidades organizacionais para responder a esse ambiente. Teece *et al.* (1997) definem capacidades dinâmicas como “a habilidade da firma de integrar, construir e reconfigurar competências internas e externas para atender ambientes rapidamente mutáveis.” Dessa forma, as dimensões estratégicas da organização são seus processos gerenciais e organizacionais, sua posição presente e os caminhos disponíveis para ela. Os processos organizacionais e gerenciais correspondem às “rotinas” ou padrões de práticas correntes e aprendizado. Por posição, sua dotação corrente de tecnologia e propriedade intelectual, assim como sua base de clientes e relações com fornecedores. Finalmente, os

caminhos são as alternativas estratégicas disponíveis a organização e a atratividade de oportunidades futuras e, nesse sentido, capacidades dinâmicas são o subconjunto de competências e capacidades que permitem a organização criar novos produtos ou processos e responder às circunstâncias mutáveis do mercado.

O objetivo da abordagem de capacidades dinâmicas é a construção de uma teoria do desempenho da organização e de informação à prática gerencial, por meio da identificação das capacidades específicas que podem ser fontes de vantagem e a explicação de como combinações de competências e recursos podem ser desenvolvidas, estendidas e protegidas. Enfatizando o desenvolvimento de capacidades gerenciais e habilidades organizacionais e tecnológicas de difícil imitação, a abordagem de capacidades dinâmicas inclui áreas tais como gestão de P&D, desenvolvimento de produto e processo, transferência de tecnologia e propriedade intelectual, dentre outras. Assim, ao considerar a habilidade da organização para integrar, construir e reconfigurar competências internas e externas para atender rapidamente ao ambiente mutante, as capacidades dinâmicas refletem a habilidade de uma organização para alcançar novas e inovadoras formas de vantagem competitiva dada sua história (*path dependencies*) e posições de mercado (TEECE *et al.*, 1997).

Isso porque essas capacidades estão incorporadas em processos organizacionais e o conteúdo desses processos e as oportunidades que eles proporcionam para o desenvolvimento de vantagens competitivas são resultado, de alguma forma, dos ativos da organização e dos caminhos percorridos por ela. Então, os processos organizacionais constituídos pelas posições dos ativos da organização e por seus caminhos evolucionários e co-evolucionários, explicam a essência de suas capacidades dinâmicas e vantagem competitiva. Portanto, a essência da competência e das capacidades dinâmicas reside nos processos organizacionais, que por sua vez são formados pelos ativos da organização (posições) e seu caminho evolucionário.

Nesse sentido, a abordagem de capacidades dinâmicas enfatiza os processos internos que a organização utiliza, assim como eles são desenvolvidos e evoluem, indicando que a vantagem competitiva não é apenas uma função da forma de participação da organização no mercado, sendo também uma função dos ativos com os quais a organização participa e como esses ativos podem ser empregados em um ambiente em mudança. Para O'Reilly & Tushman (2008) essa abordagem enfatiza o papel chave da liderança estratégica e a habilidade da alta administração para capturar oportunidades através da “orquestração” e integração tanto dos novos quanto dos ativos existentes de modo a superar a inércia e as *path dependencies* que estão no núcleo das capacidades dinâmicas.

Teece (2007) aborda o que denomina de micro fundamentos das capacidades dinâmicas, quais sejam, as distintas habilidades, processos, procedimentos, estruturas organizacionais, regras de decisão e disciplinas que constituem, ao nível da organização, a percepção, captura e reconfiguração de capacidades de difícil desenvolvimento e implantação. Assim, as capacidades dinâmicas podem ser desagregadas em capacidade de percepção e entendimento de oportunidades e ameaças (*sensing*); captura e apropriação de oportunidades (*seizing*); e manutenção da competitividade por meio do aumento, combinação, proteção e, quando necessário, reconfiguração (*reconfiguring*) dos ativos tangíveis e intangíveis do negócio da empresa. Desse modo, organizações com fortes capacidades dinâmicas não apenas se adaptam ao ecossistema de negócios como também determinam esse ecossistema por meio da inovação.

O conceito de capacidades dinâmicas, portanto, também se aplica às organizações públicas de pesquisa. Isso porque o próprio tema de definição de prioridades e seleção de projetos de P&D é dinâmico, envolvendo um processo de conhecimento que não é passível de otimização e pressupõe a identificação e captura de oportunidades e ameaças e, se for o caso, a reconfiguração dos processos, rotinas e ativos da organização. Ainda, a uma organização pública de pesquisa não cabe apenas a adaptação e resposta a um ambiente em constante mutação, mas a construção de um novo ambiente. Assim, não se espera desse tipo de organização, uma postura reativa aos cenários colocados, mas a transformação e produção de um estado futuro.

Teece (1986) chama a atenção para a ilusão de que apenas o desenvolvimento de novos produtos que satisfazem a necessidade do consumidor será capaz de assegurar competitividade e oferece uma estrutura para a identificação dos fatores que determinam quem vence com a inovação: a organização que é a primeira no mercado, os seguidores ou as organizações que detêm as capacidades relacionadas que o inovador precisa. Para isso, elementos básicos devem ser considerados, quais sejam: o regime de apropriação; os ativos complementares; e o paradigma do projeto (*design*) dominante.

O regime de apropriação refere-se aos fatores ambientais, excluindo a firma e a estrutura de mercado, que governam a habilidade do inovador em capturar os lucros gerados por uma inovação. Assim, as dimensões mais importantes de tal regime são a natureza da tecnologia e a eficácia dos mecanismos legais de proteção da propriedade intelectual. Nos estágios iniciais de desenvolvimento, os projetos de produtos são fluidos, os processos de manufatura são livres e organizados de forma adaptativa.

A existência de um projeto dominante é de grande significado para o processo de competição entre organizações. A introdução bem sucedida de uma inovação exige que o conhecimento seja utilizado em conjunção com outras capacidades ou ativos complementares que, por sua vez, podem ser genéricos, especializados ou co-especializados. Os ativos genéricos são ativos de propósito geral que não precisam ser adaptados para a inovação em questão, enquanto os ativos especializados são aqueles nos quais há uma dependência unilateral entre a inovação e o ativo complementar e, por fim, os ativos co-especializados são aqueles para os quais existe uma dependência bilateral.

O importante a destacar nas colocações de Teece (1986) são as implicações para a estratégia e alocação de recursos em P&D. O inovador pode aumentar seu retorno total para P&D ajustando seu portfólio de investimento em P&D de forma a maximizar a probabilidade de que as descobertas tecnológicas resultantes desses esforços sejam passíveis de proteção intelectual ou que demandem para a comercialização ativos co-especializados já internalizados na organização. Portanto, o que se espera de uma organização inovadora é o direcionamento de seus recursos de P&D a novos produtos e processos que possibilitem uma comercialização vantajosa e, desse modo, a história da organização e os ativos que ela já possui deveriam condicionar seus investimentos em P&D. Por outro lado, uma organização inovadora detentora de ativos consideráveis tem a possibilidade de buscar novas oportunidades, contanto que seja conhecedora das capacidades exigidas para comercialização bem sucedida da inovação. Desse modo, a decisão de investimento em P&D não pode ser dissociada da análise estratégica dos mercados e da posição da organização dado que suas fronteiras são uma variável estratégica importante para organizações inovadoras e a propriedade de ativos complementares, particularmente, especializados e/ou co-especializados proporcionam uma expectativa de competitividade. Essa abordagem enfatiza que a estrutura das organizações, mais do que a estrutura dos mercados é determinante na distribuição de lucros entre os inovadores e imitadores ou seguidores.

Diante desse desafio, Nelson (1991) destaca três características de uma organização fortemente relacionadas: sua estratégia, sua estrutura e suas capacidades relevantes. Assim, em setores onde a inovação tecnológica é importante como, por exemplo, a agricultura, uma organização precisa de um conjunto de capacidades relevantes em P&D e essas capacidades serão definidas e restringidas pelas habilidades, experiência e conhecimento do pessoal do departamento de P&D, a natureza da equipe, o caráter dos processos de tomada de decisão e os vínculos entre P&D e toda a estrutura organizacional. Assim, para ser bem sucedida em um mundo que exige que a organização inove e mude, ela deve ter uma

estratégia coerente que suporte o processo decisório e, ainda, uma estrutura organizacional que oriente e apoie a construção e sustentação das capacidades relevantes necessárias para a execução da estratégia que, no caso em estudo, é parcialmente realizada por meio do estabelecimento de prioridades para a programação de pesquisa e a seleção de projetos de P,D&I.

A abordagem que vem sendo desenvolvida neste trabalho, embora tenha sua origem na teoria da firma, é aplicável a organizações em geral e, não apenas, às firmas. Embora essas ideias tenham sido pensadas para firmas, elas servem também para organizações de uma maneira geral. A ideia de que há concorrência, competências essenciais e capacidades dinâmicas, ativos específicos e complementares, é universal para organizações de regimes econômicos capitalistas. As organizações competem por recursos e têm mais ou menos relevância em seus contextos em função do posicionamento de seus ativos e capacidades dinâmicas.

Especificamente, no caso de organizações públicas de pesquisa, suas competências essenciais e capacidades dinâmicas estão, dentre outras, relacionadas à gestão que elas fazem de sua programação de pesquisa, desenvolvimento e inovação. Suas rotinas, processos, suas atividades de busca e a seleção pelo mercado são desempenhadas por equipes dedicadas às atividades científicas, os pesquisadores, que por sua vez, dispõem de infraestrutura específica e atividades gerenciais para o cumprimento da missão organizacional de tomada de decisão dedicada. Esse processo decisório envolve a identificação de áreas problema, priorização de temas para a pesquisa, elaboração de chamadas para o recebimento de propostas, seleção de projetos de P,D&I e a alocação de recursos, acompanhamento dessa programação de pesquisa e, finalmente, avaliação de resultados e impactos da pesquisa.

Tidd *et al.* (2008) lembram que, embora a inovação, algumas vezes, envolva uma mudança descontínua – algo completamente novo ou uma resposta a condições profundamente alteradas – na maioria das vezes ela ocorre de forma incremental e o desafio da inovação descontínua reside no fato de que, usualmente, a inovação ocorre dentro de um conjunto de “regras do jogo” que são claramente entendidas e que envolvem agentes tentando inovar na busca pela melhoria daquilo que já fazem (produto, processo, posição, etc.). Entretanto, eventos não corriqueiros possuem a capacidade de redefinir as condições de espaço e limites, abrindo novas oportunidades e desafiando as organizações já existentes a remodelarem o que estão fazendo sob novas condições. Esse é o tema central na teoria de Schumpeter sobre a inovação, envolvendo um processo de “destruição criadora”, no qual as

condições estáveis de inovação são pontuadas por descontinuidades, e quando estas ocorrem, uma ou mais condições mudam e um novo espaço de oportunidade se abre.

A inovação se apresenta, basicamente, de três formas distintas. Primeiro, a inovação incremental, na qual um produto ou serviço existente é feito melhor, mais rápido ou mais barato. Apesar de essas melhorias poderem ser difíceis ou caras, elas se baseiam no conjunto existente de competências e procedem ao longo de uma trajetória conhecida. Uma segunda forma de inovação ocorre através de mudanças maiores ou descontínuas, na qual melhorias maiores são feitas, tipicamente através de um avanço destruidor de competências na tecnologia e essas melhorias demandam competências ou habilidades diferentes daquelas possuídas pelas firmas incumbentes. Finalmente, a inovação também ocorre por meio de melhorias aparentemente menores na qual as tecnologias ou competências existentes são integradas para aumentar de forma significativa o desempenho de produtos ou serviços existentes. Essas inovações arquitetônicas, embora não sejam baseadas em avanços tecnológicos significativos, frequentemente rompem (*disrupt*) as ofertas existentes (NELSON & WINTER, 1982).

Uma organização pública de pesquisa e, como é o objeto desta tese, uma organização de pesquisa agropecuária, lida com carteiras de projetos de base científica elevada ou básica, transdisciplinares ou não, abordando pesquisas de natureza básica, estratégica ou aplicada, em grandes redes ou em arranjos simples, buscando obter avanços significativos e inovadores ou destinados a apoiar o aperfeiçoamento tecnológico contínuo da agricultura. Desse modo, a programação de pesquisa objetiva, simultaneamente, atingir avanços tecnológicos radicais e definir novos paradigmas para o padrão tecnológico do agronegócio, subsidiar políticas públicas voltadas à competitividade e sustentabilidade da agricultura e apoiar projetos finalísticos que proporcionem a concretização do impacto da pesquisa.

Portanto, é necessária uma discussão sobre os graus de inovação e de que forma uma organização pública de pesquisa deve se posicionar para atuar no cenário complexo descrito no parágrafo anterior. Essa caracterização dos graus de inovação e da estratégia a ser adotada pelas organizações para lidar com essa complexidade é discutida a seguir.

### **1.3 Inovação radical, inovação realmente nova, inovação descontínua e inovação de ruptura – a *major innovation***

A gestão da inovação na qual os níveis de incerteza são altos exige abordagens que diferem daquelas usadas para a gestão de inovação incremental e a questão que se coloca é de que forma as organizações atuam para serem capazes de lidar tanto com a inovação incremental quanto com a inovação radical, ou seja, serem organizações ambidestras. Isto é, a questão que desafia tanto a teoria quanto a prática é *se, por que, e como* tais diferentes níveis deveriam ser administrados diferencialmente. Assim, essa necessidade por organizações ambidestras - aquelas que podem equilibrar competências de exploração simultânea da inovação incremental (*exploitation*) e da inovação radical (*exploration*) - constitui um desafio e, portanto, uma questão fundamental relacionada à competência necessária para essa exploração simultânea, sua administração e criação de valor para a organização e para o mercado. Da mesma forma, há um reconhecimento de que os diferentes graus de inovação exigem abordagens gerenciais diferentes.

Uma organização pública de pesquisa e, especificamente, a Embrapa lida em sua programação com carteiras de projetos de natureza básica e aplicada voltadas à obtenção de avanços inovadores incrementais e radicais. Conseqüentemente, o processo decisório para definição de prioridades e seleção de projetos de P,D&I é complexo em função do grau de inovação esperado. Desse modo, é relevante para o propósito desse trabalho um aprofundamento sobre as características da inovação radical e a capacidade de ambidestria organizacional.

O'Connor (2008) denomina de *major innovation* tanto a inovação radical quanto a inovação realmente nova e a relaciona ao crescimento organizacional e renovação como elementos fundamentais para a sobrevivência de longo prazo de qualquer organização. Assim, em função de uma oportunidade de inovação quando o risco e a incerteza associados à oportunidade são elevados, essas iniciativas de crescimento são entendidas como inovações radicais que podem trazer benefícios completamente novos. Segundo essa autora, as inovações radicais transformam os mercados ou indústrias existentes ou criam novos, acompanhadas por altos níveis de incerteza porque, para atingir estes saltos de desempenho, a expansão organizacional é necessária para incorporar ou criar mercados ou novas competências tecnológicas.

Enquanto inovações radicais são raras, uma segunda categoria, “inovações realmente novas” são mais comuns e exibem descontinuidade num nível macro (indústria)

seja na dimensão de mercado ou técnica, seja na dimensão de mercado ou técnica ou ambos os tipos de descontinuidade no nível micro (nível da organização). Nesse sentido, altos níveis de incerteza em múltiplas dimensões, são características compartilhadas tanto pela inovação “realmente nova”, quanto pela inovação radical e ambas exigem que a organização se mova em um ambiente no qual a experiência anterior, ativos de conhecimento correntes e consumidores leais não são uma vantagem. Isso significa, portanto, que os desafios da gestão são de natureza idêntica, pois a diferença é de grau, ou seja, as incertezas podem ser até mais extremas ou existirem em mais dimensões para a radical do que para a realmente nova e, dessa forma, elas podem ser tratadas como *major innovation*.

Uma organização sempre enfrentará situações de menor incerteza (inovação incremental) e de maior incerteza (inovação não incremental). Organizações que atuam nas duas frentes são organizações ambidestras e precisam desenvolver formas ambidestras para lidar com decisão para investimento em inovação. E essa decisão de investimento incorpora a priorização e seleção de projetos de P,D&I em uma organização pública de pesquisa *mission oriented*, com múltiplos critérios de decisão e diversos atores envolvidos com demandas, expectativas e necessidades, muitas vezes, conflitantes.

Tushman & O'Reilly (1996) consideram que, para ser bem sucedido ao longo do tempo, gestores e organizações devem ser ambidestros, isto é, devem ser capazes de implementar tanto mudanças incrementais quanto revolucionárias e o desafio para a gestão é como lidar simultaneamente com ambas as tecnologias – incremental e radical. Isso, portanto, demanda habilidades organizacionais e gerenciais para competir em um mercado maduro (onde custo, eficiência e inovação incremental são fatores chave) e desenvolver novos produtos e serviços (para os quais inovação radical, velocidade e flexibilidade são críticas).

Os gestores e, conseqüentemente, a organização, precisam ser ambidestros dado que a competitividade de longo prazo é determinada pelo alinhamento crescente entre estratégia, estrutura, pessoas e cultura através de mudança incremental ou evolucionária pontuada por mudanças descontínuas ou revolucionárias que exigem a troca, mudança simultânea na estratégia, estrutura, pessoas e cultura. Essas descontinuidades podem ser dirigidas pela tecnologia, concorrentes, eventos regulatórios ou mudanças significativas nas condições políticas e econômicas e, em algum momento e de algum modo, as descontinuidades perturbam a congruência que tem sido parte do sucesso de uma organização.

As organizações devem se confrontar com a mudança revolucionária e para entender como essa dinâmica afeta as organizações duas ideias fundamentais devem ser

consideradas. Inicialmente, como as organizações crescem e evoluem e, posteriormente, como as discontinuidades afetam esse processo.

Para uma organização pública de pesquisa voltada à inovação, a incorporação dos avanços científicos e das práticas gerenciais é uma condição para sua sobrevivência. Em função da própria intensificação tecnológica que essas instituições são capazes de produzir, os cenários em que atuam são dinâmicos e complexos. Desse modo, demandam dessas organizações uma transformação contínua. E essa reconfiguração só pode ser resultante de uma capacidade de identificar e capturar as oportunidades e ameaças de seu ambiente de atuação.

No início da organização formal, com papéis e responsabilidades definidos, sistemas e uma cultura baseada em expectativas compartilhadas sobre a inovação, o sucesso é visto em termos da congruência entre estratégia, estrutura, pessoas e cultura. Enquanto a organização cresce, mudanças ocorrem e mais sistemas e estruturas são adicionados para satisfazer requisitos de eficiência e controle. Nesse momento, ocorre uma mudança cultural de modo a refletir os novos desafios e o sucesso é em parte baseado no aprendizado organizacional. Inevitavelmente a estratégia deve mudar e essa mudança estratégica exige ajustes adicionais à estrutura, pessoas, cultura e tarefas críticas. O sucesso nessa fase de evolução requer habilidade da gestão para realinhar a organização de forma a garantir congruência com a estratégia. Ao longo do período maior de sucesso, há inevitavelmente mais mudanças, algumas vezes direcionadas pela tecnologia, outras pela competição, clientes, regulação, algumas por novas estratégias e formas de competir.

Enquanto o portfólio de produtos amadurece, a base da competição muda e nos últimos estágios, a competição muda para eficiência e custo. Assim, a mudança incremental ou evolucionária é pontuada por mudanças descontínuas ou revolucionárias enquanto a organização se move ao longo dos diferentes estágios de crescimento na classe de produto - inovação, diferenciação e maturidade – e cada estágio exige diferentes competências, estratégias, estruturas, culturas e habilidade de liderança. Essas mudanças são o que dirige o desempenho, mas embora a mudança incremental seja necessária para o sucesso de curto prazo, ela não é suficiente para o sucesso de longo prazo. Para isso, as organizações devem, continuamente, promover a reorientação organizacional, adotando novas estratégias e estruturas necessárias, para acomodar as condições ambientais mutáveis e essas mudanças frequentemente ocorrem através de mudanças descontínuas, ou seja, mudanças simultâneas na estratégia, estruturas, habilidades e cultura (TUSHMAN & O'REILLY, 1996).

Diferente e mais pervasiva é a inércia cultural originada da idade e sucesso da organização quando parte do seu aprendizado está incorporada nas expectativas compartilhadas sobre como as coisas devem ser feitas, o que pode ser identificado nas normas informais, valores e redes sociais. Desse modo, quanto mais bem sucedida a organização, mais institucionalizadas e incorporadas essas normas e valores e maior a inércia cultural, fazendo com que a mesma cultura que manteve o sucesso possa constituir uma barreira significativa quando confrontada com mudanças descontínuas.

O problema da gestão, portanto reside no diagnóstico e constituição de uma cultura organizacional que seja capaz, simultaneamente, de execução das estratégias atuais e da criação das capacidades de inovação para as demandas competitivas futuras. Para isso, a priorização e seleção de projetos de P,D&I em uma organização pública de pesquisa deve ser capaz de estabelecer processos e rotinas que reflitam seus objetivos e diretrizes estratégicas e, simultaneamente, propiciem a identificação de mudanças relevantes e apoiem a tomada de decisão.

A cultura organizacional pode proporcionar vantagem competitiva, mas também pode criar obstáculos à inovação e mudança necessária para ser bem sucedida e, portanto, diante das mudanças tecnológicas e competição, a gestão deve ser capaz de entender essa dinâmica e administrar de forma eficaz tanto as demandas de curto prazo para aumentar a congruência e reforçar a cultura atual e a necessidade periódica de transformar a organização e recriar a sua cultura. Essas transformações organizacionais envolvem mudanças fundamentais na estrutura organizacional e sistemas bem como na sua cultura e competências.

Enquanto a mudança na estrutura e sistemas é relativamente simples, o mesmo não acontece com a cultura. Assim, a questão de administrar ativamente culturas organizacionais que mantenham tanto as mudanças incrementais quanto as descontínuas é o aspecto mais demandante na gestão da inovação estratégica e mudança. Essas demandas gerenciais contrastantes exigem que a gestão periodicamente destrua o que tem sido criado de forma a reconstruir uma nova organização que seja capaz de hospedar múltiplas e contraditórias estruturas, processos e culturas (TUSHMAN & O'REILLY, 1996; O'REILLY & TUSHMAN, 2008; O'CONNOR, 2008).

A questão colocada, portanto, diz respeito à capacidade de sobrevivência organizacional diante da mudança. O'Reilly & Tushman (2008) destacam que a perspectiva da ecologia organizacional sugere que a maioria das organizações são inertes e acabam por falhar, enquanto uma segunda perspectiva argumenta que algumas organizações podem

aprender e se adaptar ao contexto do ambiente em mudança. Essa última visão tem se aglutinado em torno de dois temas.

O primeiro, baseado na pesquisa em estratégia sugere que as capacidades dinâmicas, a habilidade de uma organização de reconfigurar seus ativos e capacidades existentes, explicam a vantagem competitiva no longo prazo. Por sua vez, uma visão baseada no desenho organizacional argumenta que a ambidestria, isto é, a habilidade de uma organização, simultaneamente, explorar inovação radical e incremental proporciona a adaptação ao longo do tempo. Essas capacidades organizacionais, incorporadas nas rotinas, estruturas e processos organizacionais existentes, refletem a habilidade organizacional em competir no contexto corrente.

Portanto, essas capacidades paradoxais, rotinas e competências repetíveis associadas à competitividade eficaz no curto prazo em mercados maduros e tecnologias e no longo prazo por meio de adaptação a novos mercados e tecnologias e as habilidades exigidas para *exploitation*, fundamentalmente diferentes daquelas necessárias para *exploration*, caracterizam a ambidestria. A *exploitation* refere à eficiência, produtividade crescente, controle, certeza e redução da variação, enquanto a *exploration* está relacionada à busca, descoberta, autonomia, inovação e variação abrangente. Desse modo, uma organização ambidestra é aquela capaz de manejar tanto a inovação incremental quanto a inovação radical.

Em termos organizacionais, capacidades dinâmicas estão no fundamento da habilidade ambidestra. Identificar e entender (*sensing*) oportunidades e ameaças, particularmente em mercados em rápidas mudanças, requer prospecção, busca e exploração. Na organização, isso envolve um conjunto de recursos e rotinas tais como processo de tomada de decisão estratégica associada a recursos dedicados a inteligência competitiva e rastreamento da mudança tecnológica. Por sua vez, a internalização dessas oportunidades (*seizing*) está relacionada à tomada de decisão e execução, o que demanda uma liderança capaz de estabelecer uma visão e estratégia, assegurar os alinhamentos organizacionais adequados, reunir os ativos complementares e decidir sobre alocação de recursos e tempo. Finalmente, enquanto as capacidades operacionais podem proporcionar vantagem competitiva em dado período do tempo, o sucesso de longo prazo inevitavelmente requer que a gestão aloque (*reconfiguring*) recursos dos negócios maduros e declinantes para as oportunidades de crescimento emergentes.

Contrariamente, Christensen (2012) considera que as organizações não são capazes de operar simultaneamente em mercados maduros e de mudanças descontínuas e, dessa forma, os negócios voltados a inovações de ruptura e radicais devem constituir uma

organização separada. Esse autor descreve como tecnologias disruptivas enfraquecem a posição competitiva da organização pelo oferecimento de uma alternativa mais barata e menos sofisticada e que satisfaz a maioria dos clientes e o problema é apresentado como o “dilema da inovação”. Isso porque a discussão é sobre organizações bem administradas e investidoras em novas tecnologias e que, ainda assim, perdem o domínio do mercado. Em alguns casos, as novas tecnologias expandiram-se direta e rapidamente, em outros, a transição levou décadas. Em outras situações, as novas tecnologias eram caras e complexas, enquanto em outras eram simples extensões daquilo que as organizações líderes já haviam feito melhor do que ninguém.

Comum a todos os contextos é o fato de que as decisões que conduziram ao fracasso foram tomadas quando as empresas lideravam amplamente e eram consideradas as melhores do mundo. Embora a solução para tecnologias de ruptura não possa ser encontrada em um conjunto de ferramentas-padrão da administração, existem formas de lidar com esse desafio e, para tal, Christensen (2012) propõe cinco leis ou princípios de tecnologia de ruptura que devem ser considerados a partir do entendimento das circunstâncias e forças que afetarão a viabilidade das soluções.

Nesse sentido, esses princípios abordam a dependência das organizações em relação a seus clientes e investidores para obtenção de recursos, o que faz com que seja difícil o investimento adequado em tecnologias de ruptura. Outro aspecto destaca que mercados pequenos não atendem à necessidade de crescimento de grandes organizações, enfraquecendo o argumento de que mercados emergentes podem ser úteis para o seu crescimento. Também, mercados que não existem não podem ser analisados e nas inovações de ruptura, onde se conhece pouco sobre o mercado, existem fortes vantagens para os primeiros proponentes. Esse é o dilema da inovação, ou seja, organizações cujos processos de investimento demandam quantificação do mercado e dos retornos financeiros ficam paralisadas diante de tecnologias de ruptura, pois demandam dados de mercado quando não existe nenhum.

As capacidades de uma organização concentram-se em seus processos e nos valores da organização que são os critérios usados pela gestão quando tomam decisões sobre as prioridades. Entretanto, os processos e valores não são flexíveis e, da mesma forma que constituem a capacidade de uma organização em um contexto a incapacita em outro. Finalmente, a oferta de tecnologia pode não ser igual à demanda do mercado. Tecnologias de ruptura produzem rupturas porque, subsequentemente, podem tornar-se de desempenho plenamente competitivo dentro de mercados principais, contra produtos já estabelecidos. (CHRISTENSEN, 2012)

Tidd *et al.* (2008) ao abordarem o dilema do inovador destacam que o problema não estava relacionado à incapacidade de lidar com os avanços da fronteira tecnológica, pois todas as tecnologias que foram envolvidas nos novos modelos dominantes para cada geração eram bem estabelecidos, mas sim em relação ao surgimento de novos mercados com necessidades e expectativas muito diferentes. Destaque para o fato de que não são empresas incapazes que sofrem esse tipo de ruptura, mas que a receita para o sucesso em se buscar um novo modelo dominante é aquela que configura os sinais percebidos pelas empresas sobre futuras oportunidades e as formas como mobilizam recursos para as mesmas. Assim, o maior desafio para as empresas não está no avanço tecnológico em si, mas na mudança de configuração “*tecnologia x necessidade*” para os mercados usuais e novos e esse “dilema do inovador” refere-se às dificuldades que as organizações já estabelecidas encontram em administrar simultaneamente aspectos estáveis (sustentáveis) e descontínuos (desconstrutores). Desse modo, o equilíbrio está entre as duas situações – uma capacidade ambidestra - e constitui o grande desafio.

O’Reilly & Tushman (2008) discutem a importância da organização ambidestra a partir da Figura 1.2. Em determinadas ocasiões, as organizações podem desenvolver ou serem apresentadas a oportunidades de se mover para áreas além de seus núcleos principais. As oportunidades podem ser categorizadas em função de serem estrategicamente importantes e/ou se as oportunidades podem alavancar os ativos existentes. Desse modo, quando novas oportunidades não são importantes estrategicamente e não podem se beneficiar dos recursos ou capacidades existentes da organização, não há lógica em investir nessa oportunidade e a recomendação é fazer com que uma subunidade da própria organização ou mesmo uma organização externa a explore (*spin out*).

Por sua vez, quando o produto tem pouca importância estratégica, mas oferece alavancagem operacional como, por exemplo, o uso de canais de distribuição, pode ser tanto internalizado quanto contratado externamente. Quando um negócio é estrategicamente importante, mas não pode se beneficiar da alavancagem dos ativos existentes, o conselho é operar o novo negócio como uma unidade de negócio independente. É o caso frequente com substituições de produtos, quando uma tecnologia ou processo é substituído por outro.

Porém, se a nova oportunidade é tanto estrategicamente importante e pode se beneficiar dos ativos e capacidades operacionais existentes, esse é o conjunto de condições estratégicas onde os desenhos ambidestros são mais apropriados. Esse é o caso de uma organização pública de pesquisa. O que decorre da ambidestria em termos de habilidades para identificar oportunidades, priorizá-las e tomar decisões é a capacidade da organização em

lidar com diferentes situações e, no caso desse trabalho, com uma programação de pesquisa voltada à produção de soluções tecnológicas incrementais e radicais para a agricultura.

**Figura 1.2.** O momento da organização ambidestra

<b>ALAVANCAGEM OPERACIONAL</b>	<b>BAIXA</b>	Unidade de negócios independente	<i>Spin-out</i>
	<b>ALTA</b>	<b>Organização ambidestra</b>	Internalizar e/ou contratar
		<b>ALTA</b>	<b>BAIXA</b>
		<b>IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA</b>	

**Fonte:** adaptado de O'Reilly & Tushman, 2008

Conceitualmente, capacidades dinâmicas são uma maneira útil de entender os diferenciais de desempenho entre as organizações, mas para abordar seus determinantes e de que forma proporcionam à organização as condições para perceber e identificar (*sense*), capturar (*seize*) e reconfigurar (*reconfigure*) os ativos organizacionais é necessário definir comportamentos específicos da administração, processos e rotinas organizacionais que possibilitem as organizações manipular recursos para a criação de estratégias de novos valores.

Para tal, Tushman e O' Reilly (1997) oferecem um conjunto de cinco proposições delineando um conjunto de processos e ações da administração que possibilite as firmas integrar e recombinar recursos no intuito de proporcionar, simultaneamente, a competição em mercados e tecnologias maduras, tipicamente por meio da mudança de aumento de competência (*exploitation*) e competição em novas tecnologias e mercados, por meio de mudança e destruição de competências (*exploration*). Dessa forma, os autores propõem:

- i. A definição de um objetivo estratégico atraente, que justifique a importância tanto da *exploitation* quanto da *exploration*, aumenta a possibilidade de ambidestria.
- ii. A articulação de uma visão e valores que proporcionem uma identidade comum aumenta a possibilidade de ambidestria.
- iii. Um consenso claro entre a equipe de alta administração sobre a estratégia da unidade, comunicação eficaz e permanente dessa estratégia, e um sistema de incentivo de destino comum (*common-fate*) aumenta a possibilidade de ambidestria.
- iv. Arquiteturas organizacionais alinhadas e separadas (modelos de negócios, competências, incentivos, métricas e culturas) para unidades de mercados e/ou tecnologias maduras e emergentes e integração aumenta a possibilidade de ambidestria bem sucedida. A razão de entrada para a forma ambidestra é permitir a uma organização experimentar e alavancar ativos operacionais e capacidades que não estariam disponíveis se o negócio estivesse operando independentemente.
- v. Alta liderança que tolera as contradições de alinhamentos múltiplos e é capaz de resolver as tensões que acontecem aumenta a possibilidade de ambidestria. Organizações ambidestras criam conflitos inevitáveis entre as unidades operacionais. O curto prazo, eficiência e controle de uma unidade madura estão em desacordo com a incerteza e ineficiência da experimentação. Como essas tensões são resolvidas é um elemento crucial na habilidade de uma organização ambidestra.

Uma organização pública de pesquisa sendo ambidestra precisa dispor de diferentes meios de priorização e apoio à decisão. Assim, alguns métodos serão adequados a seleção de projetos de P,D&I que tenham como objetivo a obtenção de avanços revolucionários, enquanto outros estarão voltados à geração de desenvolvimentos incrementais. Isso porque uma organização pública de pesquisa está continuamente lidando com a fronteira do conhecimento, inovações incrementais e radicais, o que implica no fato dela possuir habilidades para priorizar e decidir sempre considerando ambas as situações.

A complexidade resultante da necessidade de uma organização ter que lidar, simultaneamente, com situações que demandam soluções tecnológicas incrementais e radicais será discutida no próximo item com ênfase na discussão de Stacey (1995) sobre a importância da ciência da complexidade para a teoria das organizações ao destacar que as organizações são não lineares, sistemas de retroalimentação em rede (*network feedback systems*) e, portanto, que as propriedades fundamentais de tais sistemas devem se aplicar às organizações.

## 1.4 Inovação e complexidade

Nesse item discutiremos a capacidade dinâmica em inovação sob a ótica da complexidade conforme proposta por Stacey (1995). Desse modo, serão abordadas as questões que envolvem a capacidade de decisão, incluídas aí, a priorização e seleção de projetos de P,D&I e a inadequação de processos organizacionais voltados à otimização em ambientes complexos e sob condições de incerteza. Finalmente, a teoria da complexidade é considerada como uma forma de promover a compreensão da mudança organizacional e da inovação.

A teoria de capacidade dinâmica implica que, sob condições de alta incerteza, conjuntos de habilidades únicas são requeridos e um deles é a capacidade decisória, pois a inabilidade dos gestores em lidar com ambiguidade e risco afeta sua tomada de decisão. A grande inovação (*major innovation*) é uma forma de aprendizado que requer o questionamento de pressupostos implícitos, desencadeando um repensar fundamental do problema.

As questões fundamentais que se colocam, portanto, referem-se à forma pela qual as organizações podem priorizar e selecionar projetos de alto risco e incerteza ao mesmo tempo em que administram outros de baixo risco e incerteza. Para responder a essas questões, O'Connor (2008), destaca que ambientes de alta incerteza não se prestam a rotinas operacionais ou processos codificáveis e que ao invés de reduzir uma capacidade dinâmica de inovação relevante a um conjunto de rotinas e processos, devem estar presentes um conjunto de elementos de forma a proporcionar um modelo de gestão de inovação.

Um conjunto claro de papéis e responsabilidades é necessário para sustentar a atenção e recursos à inovação relevante. Também importantes são os mecanismos de interface entre o modelo de gestão da inovação e seus constituintes internos e externos. A grande inovação pode ser uma oportunidade de criação de conhecimento para a organização e uma característica comum de processos de criação de conhecimento bem sucedidos é o vínculo explícito entre a organização e fontes de conhecimento externas por meio de relações informais e alianças formais. As capacidades dinâmicas eficazes em ambientes de alta incerteza requerem conhecimento novo e específico à situação. A definição de aprendizado presume que se tenha conhecimento *a priori* sobre os cursos alternativos de ação; as preferências de resultados ou metas e as regras institucionais, recursos e configurações no qual a tarefa é desempenhada. Em novas situações, esse pré-requisito de conhecimento deve

ser primeiro criado, por meio da descoberta de possíveis ações, resultados e contextos nos quais eles ocorrem.

A capacidade dinâmica em inovação pode ser vista como uma entidade buscando o desequilíbrio dentro do sistema corporativo mais amplo. Para a produção de um comportamento criativo, inovador, continuamente mutável, os sistemas devem operar longe do equilíbrio (Stacey, 1995). Portanto, o modelo de governança associado com esse sistema em mudança é um elemento necessário de uma capacidade dinâmica em inovação, dado que ele dirige a execução de inovações de ruptura e radicais e determina, por meio de *feedback* positivo e negativo, se o sistema de inovação é eficaz.

De forma a permitir processos diferenciais e expectativas através de sistemas de inovação e operacionais, sistemas de orçamento e métricas de desempenho diferenciais devem também ser estabelecidos. Tanto medidas baseadas nas atividades e desempenho podem ser necessárias dado que o sucesso comercial pode ser infrequente. Exemplos de métricas apropriadas para grandes inovações incluem se o sistema de inovação acumulou novas conexões de mercado, novas capacidades técnicas, novas parcerias e se moveu a organização para um novo domínio estratégico. Assim, uma capacidade dinâmica em inovação radical requer o estabelecimento de métricas que sejam apropriadas para objetivos de alto risco e incerteza do sistema de gestão da inovação.

O desafio do processo estratégico pode ser considerado, segundo Stacey (1995), a partir de uma perspectiva de um processo de transformação no qual as organizações se adaptam às mudanças do ambiente por meio de sua reestruturação de uma forma intencional e racional. Uma segunda perspectiva considera um processo evolucionário de seleção competitiva no qual a população como um todo das organizações se adapta às mudanças do ambiente, dado que a adaptação organizacional individual é bloqueada por inércia institucional e especificidade de recurso.

Apesar das diferenças das duas perspectivas em termos do resultado previsto, ambas fazem a mesma suposição sobre a dinâmica dos sistemas, isto é, que sistemas bem sucedidos, sejam eles organizações individuais ou uma população como um todo, são dirigidos por processos de *feedback* negativos em direção a estados previsíveis de adaptação ao ambiente. Nesse contexto, a dinâmica do sucesso é assumida como uma tendência em direção ao equilíbrio e, portanto, estabilidade, regularidade e previsibilidade.

Essas suposições tem sido questionadas pela ciência da complexidade<sup>2</sup>, cuja ênfase está direcionada às propriedades dinâmicas de sistemas de *feedback* não lineares e em rede e que, para a produção de um comportamento criativo, inovador e continuamente mutável, os sistemas devem operar longe do equilíbrio. Desse modo, o processo de transformação é interno, de auto-organização espontânea entre os agentes de um sistema, provocado por instabilidades e conduzindo a uma ordem emergente.

O processo evolucionário é aquele de seleção competitiva no qual os sistemas incapazes de mudança espontânea são excluídos. Desse modo, a dinâmica do sucesso está relacionada a um estado distante daquele preconizado de adaptação ao equilíbrio em estados de instabilidade, irregularidade e imprevisibilidade. As organizações são assumidas como sistemas e parte de sistemas ambientais mais amplos, que evoluem por meio de um processo de destruição criativa (Schumpeter, 1934). Tais sistemas em evolução são tão complexos que seus agentes não são capazes de planejar seus futuros de longo prazo, dado que os futuros emergem imprevisivelmente a partir das interações entre agentes em condições de desequilíbrio e desordem. A Tabela 1.1 exhibe os pressupostos fundamentais sobre dinâmica de sistemas em diferentes perspectivas no processo estratégico.

---

<sup>2</sup> Stacey (1995) enfatiza a importância da ciência da complexidade para a teoria das organizações ao destacar que as organizações são não lineares, sistemas de retroalimentação em rede (*network feedback systems*) e, portanto, que as propriedades fundamentais de tais sistemas devem se aplicar às organizações. As organizações são sistemas de *feedback* porque, a todo instante, existe interação entre pessoas, grupos, componentes, e quando essas interações são estabelecidas existe a formação de redes, não lineares e há quase sempre vários resultados possíveis para qualquer ação e, portanto, o comportamento do grupo é mais do que simplesmente a soma de comportamento individuais.

**Tabela 1.1** Os pressupostos fundamentais sobre dinâmica de sistemas em diferentes perspectivas no processo estratégico

<b>Adaptação por meio de escolha</b>	<b>Adaptação por meio de seleção competitiva</b>	<b>Pontos de vista alternativos</b>
Vínculos claros de causa e efeito - previsibilidade	Vínculos claros de causa e efeito - previsibilidade	Vínculos claros de causa e efeito – mas são circulares, levando a resultados inesperados
Organizações buscam intencionalmente o equilíbrio adaptativo	Organizações são selecionadas de acordo com critérios de adaptação ao equilíbrio	Organizações são sistemas em não equilíbrio com uma dinâmica desordenada
Resultados de longo prazo são intencionais e escolhidos	Resultados de longo prazo determinados pelo ambiente e inércia organizacional	Resultados de longo prazo são parcialmente emergentes e parcialmente intencionais
<i>Feedbacks</i> negativos conduzem o sistema – a organização individual	<i>Feedbacks</i> negativos conduzem o sistema – a população de organizações	Sistemas não lineares complexos com <i>feedback</i> positivo e negativo. Auto-organização espontânea e destruição criativa

Fonte: adaptado de Stacey (1995)

Houchin & Maclean (2005) observam que a teoria da complexidade tem sido defendida como uma forma de ajudar a entender a mudança organizacional e a inovação, dado que a abordagem lida com a natureza da emergência, inovação, aprendizado e adaptação. Tem se desenvolvido como um caminho interdisciplinar, tomando *insights* e insumos da matemática, biologia, computação e economia e pode oferecer elementos valiosos para as questões de administração e estratégia. Os teóricos da complexidade veem as organizações como sistemas adaptativos complexos, como sistemas longe do equilíbrio e de acordo com teóricos da complexidade como Stacey (1995), o conceito de organização se movendo de um estado estável para outro como resultado de mudança é falho. Ao contrário, sistemas adaptativos complexos são não lineares e altamente sensíveis às condições iniciais. As atividades, eventos, rotinas, comportamentos e interações humanas existentes em uma organização em um ponto específico do tempo e formam as condições iniciais para a emergência da ordem futura.

Os teóricos da estratégia geralmente usam modelos de *feedback* negativo, para reduzir o hiato entre o comportamento desejado e o observado, e isso se dá por meio de ações corretivas de acordo com a ordem previamente desejada. Os sistemas adaptativos complexos, por sua vez, se auto organizam como resultado natural da interação não linear, e não, em função da tendência de agentes individuais para preferirem ou perseguir ordem. Tais sistemas são dirigidos por sistemas de *feedback* positivo e negativo que são encontrados nos diferentes

sistemas organizacionais nos quais regras formais e sistemas de planejamento governam o comportamento diário da organização. Para tal, utilizam processos de *feedback* negativos, permitindo a organização a desempenhar suas atividades de maneira racional e estável e direcionando-a ao equilíbrio. O sistema informal ou “sistema organizacional sombra” é onde o *feedback* positivo opera, o qual leva a organização para longe de seu estado desejado e isso ocorre em função de interações no sistema onde ninguém está no controle, mas padrões de comportamento controlado aparecem, levando a ordem emergente que influencia profundamente a real evolução da organização (STACEY, 1995; HOUCHIN & MACLEAN, 2005).

Entretanto, é importante salientar as limitações da teoria da complexidade em função da aplicação de teorias que tem sua origem nas ciências biológicas e naturais para as organizações sociais sem levar necessariamente em consideração as diferenças fundamentais entre as ciências físicas e sociais. Dessa forma, o melhor uso da teoria da complexidade para entender o desenvolvimento das organizações pode ser o uso de metáforas proporcionando novos *insights* mais do que buscar princípios comuns por meio de uma variedade de sistemas muito diferentes (STACEY, 1995; STACEY, 2010; HOUCHIN & MACLEAN, 2005).

Uma forma de pensar sobre um fenômeno é considera-lo em termos de uma estrutura estável, construída de acordo com algum macro princípio ou lei natural. Assim, o padrão do todo ou da estrutura global é determinada por algum princípio determinístico global o qual pode ser expresso como uma equação matemática de forma que a estrutura ou padrão global seja a realização ou implementação de um macro *design*. A partir dessa perspectiva, mudanças na estrutura seriam previsíveis e só poderiam tomar uma forma diferente, se as leis e princípios determinantes fossem mudados.

Entretanto, observa Stacey (2010), uma leitura das ciências naturais modernas da complexidade oferece uma segunda maneira de ver e pensar e, nessa perspectiva, a atenção está voltada sobre os organismos componentes e, não, para o padrão macro global. Essa visão reconhece que qualquer organização é uma consequência das ações recíprocas entre várias escolhas e ações de todos os envolvidos através de várias organizações interdependentes e conectadas e, ao invés de pensar as organizações como a realização de um desenho macro definido pelos membros mais poderosos, as organizações devem ser entendidas como uma construção permanente emergindo a partir das interações.

Nesse sentido, as estratégias devem ser entendidas como padrões emergentes de ação, resultado de escolhas feitas por diferentes grupos de pessoas. Assim, o desafio de pensar a organização é apresentado a partir de um ponto de vista particular, a complexidade<sup>3</sup>. Dado que a maior área no discurso dominante é baseada em suposições para lidar com a previsibilidade e planejamento do desenvolvimento da organização como um todo, a aplicação do pensamento complexo apresenta um claro desafio. Nele, o foco de atenção mudou do entendimento das partes, ou entidades, do qual o todo era composto, para a interação dos subsistemas que formam um sistema e dos sistemas que formam um supra sistema.

Considerando a administração científica e a escola de relações humanas juntas, ambas constituem uma teoria na qual a estabilidade é preservada por regras, incluindo regras motivacionais governando o comportamento dos membros de uma organização e, nesse caso, as organizações são pensadas como funcionando como máquinas, alcançando determinados propósitos, escolhidos deliberadamente por seus administradores. Conseqüentemente, nesse modelo, a mudança de um tipo fundamental, radical não pode ser explicada e ela será, simplesmente, o resultado das escolhas racionais feitas pelos gestores, e exatamente como essas escolhas emergem não é parte do que essa teoria procura explicar. Desse modo, pressupõe objetivos, metas e tarefas claras e bem definidas, ausência de incerteza, comportamento humano previsível e racionalidade ilimitada. Mudança verdadeiramente nova e lidar com condições de grande incerteza simplesmente não eram parte do que as teorias da administração científica e relações humanas explicam ou efetuam, mas, ainda assim, formam a base do pensamento gerencial (STACEY, 2010).

Em resumo, as capacidades dinâmicas localizadas em rotinas de alto desempenho de uma organização, incorporadas em seus processos, ativos e posições de mercado, fazem emergir vantagens competitivas de uma organização. E essas capacidades, por definição, são ativos construídos ao longo do tempo, mais ou menos dependentes do passado. Nesse sentido, o sucesso competitivo ocorre, parcialmente, em função dos processos e estruturas estabelecidos e da experiência obtida em períodos anteriores. O entendimento e implementação dos processos e estruturas que embasam as capacidades dinâmicas é específico às organizações e exige conhecimento da organização e do ecossistema no qual ela

---

<sup>3</sup> O termo “complexidade” aqui refere-se aos importantes *insights* oriundos das ciências da complexidade naturais para lidar com a incerteza intrínseca e a imprevisibilidade de diversos grandes fenômenos naturais, para a importância da diversidade na evolução de novas formas e a natureza auto organizável emergente dessa evolução.

atua. Assim, essas capacidades residem na equipe gerencial da organização, nos processos, sistemas e estruturas organizacionais.

O Sistema Embrapa de Gestão (SEG), foco de análise da presente tese e que será apresentado no Capítulo 4, é um exemplo de processo sistêmico e supostamente dinâmico que enfrenta o desafio de operar em um ambiente complexo, no qual desafios de inovação incremental se mesclam com outros de fronteira do conhecimento e de inovação transformadora. O SEG, como veremos, tem o objetivo de promover uma visão sistêmica e integrada de gestão da Empresa e alinhar a programação de pesquisa aos seus objetivos estratégicos. O caso da Embrapa e, especificamente do seu sistema de gestão de P,D&I, o SEG, será analisado porque a Embrapa pode ser considerada uma organização ambidestra.

O ponto de referência para o problema da seleção e decisão e da gestão da inovação, em geral, é lidar com a incerteza. No próximo item será abordado o conceito de incerteza a partir de alguns autores que desenvolveram o tema.

### **1.5 Incerteza e a gestão da pesquisa, desenvolvimento e inovação**

A gestão de P,D&I, por sua própria natureza, é caracterizada por incerteza, e essa gestão, para ser eficaz requer uma interação complexa de variáveis. O aspecto estratégico da gestão envolve a solução de importantes questões, tais como: orçamento, alocação dos recursos aos negócios e áreas tecnológicas corretas, o equilíbrio correto entre risco e retorno, projetos de curto e longo prazos, pesquisa e desenvolvimento, inovação incremental e radical.

Tetlock & Gardner (2016) observam que a imprevisibilidade e a previsibilidade coexistem de forma conflituosa nos sistemas componentes do corpo humano, da sociedade e do cosmos. Até que ponto algo é previsível depende do que estamos tentando prever, quão adiante no futuro e sob que circunstâncias.

Para Doctor *et al.* (2001), uma das áreas mais problemáticas de gestão da tecnologia é a priorização e seleção de projetos de P,D&I porque a questão central dessa tarefa organizacional é a tomada de decisão sob incerteza. A incerteza existe se uma ação pode levar a vários resultados possíveis e um elemento essencial e desafiador da gestão de P,D&I é identificar a possibilidade ou probabilidade de que esses resultados ou eventos ocorrerão.

Bernstein (1997) destaca que o trabalho de Knight publicado em 1921, sob o título *Risk, uncertainty and profit*, é a primeira obra de importância a abordar de forma explícita o problema da tomada de decisão sob condições de incerteza. O elemento surpresa, argumentou Knight (1921), é comum em um sistema onde tantas decisões dependem de previsões do futuro, em oposição à visão de que os agentes sempre têm todas as informações de que precisam e, dessa forma, em casos onde o futuro é desconhecido, as leis da probabilidade determinarão o resultado.

Para Knight (1921), o mundo em que vivemos é um mundo de mudanças e incerteza e os problemas emergem, justamente, em função do pouco conhecimento que temos sobre o futuro. Isso se aplica tanto para qualquer atividade humana quanto para a vida organizacional. Em função disso, a essência da situação é a ação de acordo com a opinião, de maior ou menor fundamentação e valor, baseada não em ignorância ou informação completa e perfeita, mas em conhecimento parcial (*partial knowledge*).

Consequentemente, quando a ignorância do futuro é somente uma ignorância parcial, conhecimento incompleto e inferência imperfeita, torna-se impossível classificar de modo objetivo, as circunstâncias e mudanças ocasionadas nas condições envolvendo a formação de uma opinião. Assim, a decisão será sempre baseada na consciência existente, e as consciências são diferenciais (KNIGHT, 1921).

O passado não pode ser mudado, mas, parcialmente, conhecido; enquanto o futuro pode ser imaginado, mas, não, conhecido, e agindo sobre essa imaginação ele pode, em parte, ser modificado. A imaginação é formada pela interpretação do ambiente e da experiência. Entretanto, a maior parte do que é imaginado torna-se impossível e, portanto, o progresso depende tanto da variedade de imaginação quanto de algum processo de seleção dessa variedade. Nesse sentido, a tarefa da gestão da inovação pode ser pensada como uma exploração cuidadosa do hiato entre a representação inicial de um resultado e o ambiente complexo no qual a inovação é determinada. Modelos organizacionais contemporâneos frequentemente dependem do conceito de informação assimétrica, o qual certamente corresponde a um aspecto da realidade. Entretanto, a assimetria mais importante é a de interpretação e de percepção que leva alguns indivíduos e organizações a tomarem decisões que outros abdicam ou ignoram. O ponto de partida não é a concepção de conhecimento perfeito, a partir do qual se move para o risco e então para a incerteza, a qual é regularmente assemelhada ao risco, mas a necessidade de construir conhecimento por meio da criação de categorias e imaginação de vínculos entre elas (LOASBY, 2011).

Como observa Knight (1921), como o ambiente econômico está em mudança permanente, todos os dados econômicos são específicos ao seu próprio período de tempo. Conseqüentemente, eles fornecem apenas uma base frágil para generalizações, pois o tempo real importa mais do que o tempo abstrato, e amostras extraídas do passado são pouco relevantes. Desse modo, um sistema que não pode depender da distribuição da frequência dos eventos passados é peculiarmente vulnerável à surpresa e inerentemente volátil.

Keynes (1937) não via sentido em uma economia hipotética em que passado, presente e futuro estão unificados por uma máquina do tempo impessoal em um único momento. As decisões, uma vez tomadas, criam um novo ambiente sem oportunidade de repetir o antigo. Nesse sentido, incerteza refere-se àquilo que não sabemos, estando relacionada à ausência de base científica. Portanto, a diferença entre risco e incerteza é um elemento central na decisão e a tendência metodológica tem sido transformar incerteza em risco por meio de probabilidade subjetiva.

A incerteza *knightiana*, apesar de habitualmente tratada como um fenômeno raro e sem importância é realmente o cenário básico e é a base do conhecimento e sociedade humana, não somente como um problema mas também como uma oportunidade. A negação da incerteza *knightiana* motiva o tratamento padrão da complexidade. A hipótese de um conjunto de informações único e completo subjacente garante que todas as simplificações são derivadas a partir de uma única fonte correta, que fornece uma base comum para a análise das transações entre os agentes (LOASBY, 2001).

Young (2001) utiliza os conceitos de incerteza dura e incerteza leve para diferenciar entre risco e incerteza. A incerteza dura (*hard uncertainty*) pode ser definida em termos de situações nas quais o conjunto de ações possíveis ou estados futuros é desconhecido ou onde um conjunto exaustivo de estados futuros pode ser especificado, a distribuição de probabilidade para tais resultados é desconhecida ou não definível completamente. Por sua vez, a incerteza leve (*soft uncertainty*) ou risco define situações onde o conjunto de todos os possíveis resultados de uma ação é conhecido e a distribuição de probabilidades de todos os possíveis resultados é também conhecido. O núcleo do trabalho desse autor é a afirmação de que muitas decisões envolvendo o ambiente são condicionadas pela presença de incerteza. Dessa forma, o reconhecimento de que há diferentes modos de incerteza altera a forma de lidar com a incerteza ambiental e demanda uma abordagem alternativa daquelas tradicionais baseadas em probabilidade.

Especificamente, a incerteza com os quais os gestores lidam em problemas de PD&I derivam de algumas fontes, dentre elas, características exclusivas dos processos de C,T&I, conforme aponta Bin (2008) – i) a indeterminação, relacionada à necessidade de planejamento que demanda avaliações *ex ante* das atividades de P&D, como a alocação de recursos e o intervalo de tempo entre as atividades de pesquisa e a geração de resultados; ii) o perfil dos profissionais envolvidos com a P&D e a cultura organizacional e; iii) a multi-institucionalidade, a partir das tendências de execução coletiva das atividades de P&D.

A perspectiva dominante sobre o problema da incerteza considera uma hipótese de expectativas racionais - *rational expectations hypothesis* (REH). Como observa Davidson (1982/83), essas expectativas racionais geram previsões eficientes, sem viés e sem erros persistentes ao longo do tempo. Assim, a informação existe e está disponível para processamento por todos os tomadores de decisão e, portanto, a distribuição de probabilidades dos resultados reais para hoje e todas as datas futuras podem ser estimadas. Entretanto, como destaca o autor, a hipótese de expectativas racionais proporciona um “mundo artificial” e, desse modo, ela não pode ser uma teoria geral de formação de expectativas e é enganosa como uma descrição da tomada de decisão. Portanto, para a REH funcionar, se um processo estatístico é estacionário, as medidas estatísticas serão as mesmas a cada ponto do tempo. O tempo não importa. Se o processo estocástico<sup>4</sup> é ergódico<sup>5</sup>, então para realizações infinitas, as médias de tempo e estatísticas coincidirão. Além da igualdade entre as funções de distribuição subjetiva e objetiva em qualquer ponto do tempo, essas funções devem ser derivadas de um processo ergódico.

Schackle (1969) fala em decisões cruciais para distinguir situações envolvendo o tempo histórico, mundos não ergódicos de processos ergódicos. Quando os agentes tomam decisões cruciais, eles necessariamente destroem qualquer processo estocástico ergódico que possa ter existido no momento da decisão. A tomada de decisão crucial destrói as circunstâncias na qual a decisão é tomada envolvendo situações onde o desempenho da

---

<sup>4</sup> Processos estocásticos são famílias de variáveis randômicas que dependem de um parâmetro. As variáveis podem assumir certos valores dados com probabilidades definitivas. Se as variáveis randômicas são bem definidas para todos os pontos no tempo, e se todas as funções de distribuição são independentes do tempo, então o processo estocástico é chamado estacionário. Significa que a estrutura de probabilidade de um processo estacionário é independente do tempo absoluto. A data do experimento não deve afetar o resultado. A REH é baseada na teoria dos processos estocásticos. Cada tomador de decisão deve maximizar seu retorno baseado nas expectativas matemáticas tomadas com respeito a dadas funções de distribuição. Ou seja, uma função de distribuição subjetiva (a função de distribuição dos estados do mundo) utilizada pelos tomadores de decisão e a distribuição real (a geradora dos dados), se não idênticas são, pelo menos, ligadas de forma explícita.

<sup>5</sup> Ergodicidade está relacionada a sistemas nos quais a evolução futura pode ser prevista por cálculos de probabilidade em função da repetição do evento.

escolha destrói as funções de distribuição existentes. Portanto, o futuro é criado por decisões de escolha cruciais, ou seja, a ideia do empreendedor schumpeteriano.

Porém, se o futuro econômico é não ergódico, a sequência de previsões deverá diferir persistentemente das taxas temporais que serão geradas enquanto o futuro se desenvolve. Assim, se os tomadores de decisão assumem que as séries futuras são geradas a partir de situações não ergódicas, eles rejeitarão as expectativas racionais. A aplicabilidade lógica da REH está vinculada a existência e importância de processos ergódicos. Portanto, se o processo histórico ocorre ao longo do tempo e, portanto, o processo é não estacionário, se se considera que processos estocásticos básicos cujas funções de distribuição não são independentes do tempo e se as taxas de mudança também não são independentes do calendário, então o mundo é claramente não ergódico e qualquer taxa estatística estimada, que representa expectativas racionais, podem ser persistentemente diferentes das taxas futuras (DAVIDSON, 1982/83). Para que a REH proporcione uma analogia útil para o mundo real é necessário que existam probabilidades objetivas, as probabilidades subjetivas devem convergir em direção às probabilidades objetivas correntes, os processos futuros são ergódicos e os agentes econômicos acreditam que os resultados tanto do passado quanto do futuro resultam do mesmo processo ergódico.

Davidson (1991) observa que as perspectivas dominantes envolvendo a incerteza presumem que as expectativas são baseadas tanto em análise estatística de dados passados com os sinais do mercado proporcionando informação sobre probabilidades objetivas ou em percepções subjetivas dessas probabilidades fundadas nos axiomas da teoria da utilidade. Os pós-keynesianos exploram o elemento da incerteza do ponto de vista teórico e prático desenvolvendo uma perspectiva diferente, na qual as distribuições de probabilidade não são a base para compreender o comportamento no mundo real sob incerteza. Nessa condição, os tomadores de decisão não acreditam que a análise de dados passados ou sinais de mercado possam fornecer sinais confiáveis sobre o futuro. Há, neste contexto de incerteza, o contexto da probabilidade objetiva (risco), o contexto da probabilidade subjetiva (a probabilidade é imaginada) e a incerteza verdadeira (as variáveis são desconhecidas).

O ambiente de probabilidade objetiva presume não somente que as distribuições de probabilidade relativas a fenômenos históricos tenham existido, mas também que as mesmas probabilidades que determinaram eventos passados continuarão a governar o futuro. O conhecimento do futuro envolve somente a projeção de médias baseadas no passado ou no presente para os eventos futuros, sendo, desse modo, mero reflexo estatístico do passado. Nessas circunstâncias, probabilidade é conhecimento, não incerteza.

Quando condições de incerteza verdadeira prevalecem em certas áreas de tomada de decisão, no mínimo alguns processos são tais que expectativas baseadas em distribuições de probabilidade passadas podem diferir persistentemente de taxas a serem geradas no futuro. Nessas condições, os agentes não se basearão em informações referentes a frequências relativas, dado que o futuro não é calculável a partir de dados passados e, portanto, é verdadeiramente incerto.

No ambiente de probabilidade subjetiva, o conceito de probabilidade pode ser interpretado tanto em termos de graus de convicção, quanto em termos de frequências relativas. Um ambiente de incerteza verdadeira (não ergódico) ocorre sempre que um indivíduo não pode especificar um conjunto completo de perspectivas relativas ao futuro, porque o tomador de decisão não pode conceber uma lista completa de consequências que ocorrerão no futuro, ou não pode atribuir probabilidades a todas as consequências, porque a evidência é insuficiente para estabelecer uma probabilidade de forma que possíveis consequências não são ordenáveis. Portanto, as perspectivas dominantes não podem lidar com a incerteza verdadeira (DAVIDSON, 1991).

Para Dequech (1997), classificar é uma forma de lidar com a incerteza. Do ponto de vista prático pode ser útil pensar em graus de incerteza, porém, não pode constituir uma solução definitiva. Nesse contexto, a ideia de grau de incerteza está associada com a quantidade de informação disponível. Assim, na visão do autor, alguns graus de incerteza são a ambiguidade quando informações faltantes devem ser obtidas, ou seja, há informação incompleta; “incerteza forte” relacionada à mudança e risco como uma incerteza fraca. Desse modo, a ideia de grau de incerteza está associada, entre outros elementos, com a quantidade de informação disponível e, portanto, é necessário buscar uma forma de lidar com a incerteza utilizando os métodos disponíveis (de maximização, de otimização, de utilidade). Um importante aspecto da distinção proposta é que ambiguidade refere-se à informação faltante que poderia ser conhecida, enquanto “incerteza fundamental” implica que alguma informação não existe no momento da decisão porque o futuro ainda está para ser criado (DEQUECH, 2000).

No livro “*Decision, Order and Time in Human Affairs*” (1969), Schackle discute a o significado de incerteza e sua relação com o processo de tomada de decisão. Ele propõe que a decisão será sempre uma escolha diante de incerteza limitada (*bounded uncertainty*). A decisão, para Schackle (1969), significa uma ruptura entre o passado e o futuro. Nessa perspectiva, decisão é precisamente um corte entre passado e futuro, “um momento de invenção e não meramente de cálculo” (*inspired decision*), que não é totalmente baseada no

passado. Quando o empreendedor decide, ele corta o passado e inaugura o futuro, até a próxima decisão. Por isso, o autor propõe que a incerteza tem que ser considerada em termos de possibilidades, não probabilidades, e propõe o conceito de surpresa potencial (*potential surprise*) para analisar as situações nas quais a incerteza prevalece.

A surpresa potencial é o conjunto de possibilidades entre uma perfeita possibilidade e uma perfeita impossibilidade entre as quais se toma decisão e o grau de surpresa é a base sobre a qual Schackle (1969) desenvolve seu modelo. Descartada a ideia de probabilidade, a surpresa potencial está localizada entre o impossível e o certo e, dessa forma, o tomador de decisão deve imaginar os resultados (*outcomes*) e associar o nível de surpresa relacionado a um dado resultado para as diferentes alternativas em relação a uma única decisão. Por exemplo, os resultados esperados em função da priorização de determinados problemas de pesquisa e um conjunto de projetos de P,D&I.

Em um mundo completamente determinístico, não há escopo para uma decisão ou ação significativa porque tudo é pré-programado, a história já está escrita e não é possível alterar. A decisão é ilusória. Em contraste, em um mundo de previsão perfeita (*perfect foresight*), a decisão é vazia (*empty-decision*) porque todas as suas consequências são perfeitamente compreendidas, e desde que cada aspecto do futuro é corretamente conhecido, não há escopo para qualquer inovação, pois todas as inovações possíveis já foram feitas. No outro extremo, está o mundo completamente indeterminado, onde nenhuma conexão pode ser estabelecida entre qualquer ação e suas consequências e, nesse caso, a decisão não faria sentido (*pointless*), paralisada por uma ignorância ilimitada (*unboundedness of ignorance*). Schackle (1969) argumenta que a decisão significativa existe em um mundo intermediário e pessoal de ignorância limitada (*bounded ignorance*). A incerteza verdadeira não significa incapacidade de decisão, mas implica em pressupostos na escolha de práticas e métodos de tomada de decisão. Assim, a decisão não-vazia (*non-empty decision*) é a essência da empresa e inovação schumpeteriana e, nesse sentido, o problema de priorização, seleção de projetos de P,D&I e tomada de decisão com prospecção sob incerteza verdadeira (*true uncertainty*).

Uma suposição inicial é de que a decisão surge somente quando atos muito distintos e mutuamente exclusivos estão disponíveis ao indivíduo. Se para cada ato disponível, o indivíduo enxerga um e somente um resultado e se ele assume que um ato necessariamente tem um resultado, e ainda, se ele pode ordenar os resultados de acordo com suas preferências, então a escolha entre os atos disponíveis não envolverá decisão, mas será uma seleção automática e mecânica do ato cujo resultado o indivíduo mais deseja. A segunda suposição é que o indivíduo escolhendo entre atos disponíveis supõe que ele sabe

precisamente, completamente e certamente quais as consequências para ele de cada ato disponível. A ideia de incerteza ilimitada é o terceiro pressuposto sobre as características do cosmos e do homem que nele vive e que deve ser rejeitada se a decisão é um objeto interessante de análise. Nesse sentido, para Schackle (1969), decisão é uma escolha, mas não uma escolha em face de perfeito conhecimento prévio, nem em face de perfeita ignorância, mas uma escolha diante de uma incerteza limitada (*bounded uncertainty*).

A incerteza não se limita a mera existência na mente do tomador de decisão de hipóteses plurais do resultado de alguma ação disponível, se tal hipótese plural é entendida como a composição de uma lista conhecida. Em primeiro lugar, tal conhecimento é inatingível e não existe. Porém, mais relevante, considera que os possíveis resultados de qualquer ato não constituem em geral um conjunto limitado e finito tal como existiria em um jogo com regras estabelecidas. A escolha entre um conjunto de atos rivais será feita em visão das consequências associadas de alguma forma e grau pelo tomador de decisão com os atos (SCHACKLE, 1969).

A decisão é criativa em função da liberdade que a incerteza proporciona para a criação de hipóteses imprevisíveis. As decisões não vazias (*non-empty decisions*) não são a reflexão ou realização de algo já implícito na estrutura de um passado histórico e podem ser entendidas como decisões inspiradas (*inspired decisions*), pois não existe certeza sobre o que vai acontecer, conforme destaca Schackle (1969). A escolha entre um conjunto de atos rivais será feita em visão das consequências associadas de alguma forma e grau pelo tomador de decisão com esses atos. Por sua vez, o conteúdo formal dessas hipóteses, relativas ao resultado de cada ato disponível, sobre o qual a decisão é baseada, é rotulado com datas no futuro. Esse futuro tem sua existência efetiva somente no presente, pois é um sistema de imaginações rivais formuladas pelo tomador de decisão no seu momento de decisão, no seu presente. Quando se fala em imaginação, está se pensando no sentido mais geral, no poder de fazer constructos mentais, sejam eles visuais, verbais ou matemáticos, ou qualquer forma que proporcione estrutura, inter-conectividade e significado de algum tipo. Isto é, a decisão é sempre baseada em um futuro imaginado e, portanto, não é possível saber de antemão se esse futuro imaginado é verdadeiro ou falso.

Loasby (2011) oferece um memorial sobre George Schackle enfatizando a ampla ressonância de suas ideias e sua aplicação particular ao exercício da tomada de decisão. O autor observa que Schackle era profundamente interessado nos processos que precedem a ação – e como decidir o que fazer e como decidir o que fazer num momento posterior, o que exige um olhar muito adiante. Continua o autor ao destacar que o trabalho de Schackle tem

muitas conexões - às ideias científicas, econômicas e filosóficas e às práticas organizacionais e de gestão de negócios. A incerteza não é apenas um problema pervasivo, mas uma condição necessária à inteligência humana, iniciativa e imaginação. A imprevisibilidade é essencial, tanto ao progresso científico quanto ao empreendedorismo. A criação de conhecimento se dá pelo estabelecimento de padrões que permitem impor a ordem e considerar novas combinações em um processo evolutivo, impulsionado pelo propósito humano de competir e fazer conjecturas, muitas das quais acabam por ser falsas representações. Desse modo, uma implicação fundamental da incerteza é a inadequação de qualquer teoria que afirma ser abrangente e, portanto, o estudo da incerteza deve incluir os problemas causados por esta inadequação, não só para os acadêmicos, mas também para os tomadores de decisão e as organizações (SCHACKLE, 1969; LOASBY, 2011).

O significado de incerteza foi resumido por Knight (1921), que a definiu como a ausência de qualquer método comprovadamente correto para a distribuição de probabilidades ao longo de um intervalo de possibilidades, ou, no caso mais forte, para a definição de um conjunto fechado de possibilidades. Por sua vez, Schackle (1969) argumentou que o obstáculo habitual para uma correta atribuição das probabilidades é a impossibilidade de identificar todos os eventos futuros relevantes.

As decisões organizacionais dependem da interação entre os indivíduos e são definidas a partir da visão subjetiva desses indivíduos. A racionalidade é limitada e condicionada ao nível de conhecimento e a valoração (SIMON, 1997). Em Simon estão os fundamentos para Schackle e Stacey. Para Schackle as decisões são individuais enquanto para Stacey, tudo dependerá da interação entre os agentes. A função da organização social é criar um marco institucional e ela tem o papel de influenciar a capacidade de decisão do indivíduo. Assim, a preocupação de Simon (1997) é criar um ambiente no qual as pessoas sejam capazes de decidir sob o enfoque da organização, considerando as instituições sociais como reguladoras do comportamento do indivíduo. As racionalidades variam – estão relacionadas ao conjunto de informações reunidas, a forma de valoração. Ao fazer isso os indivíduos tentam otimizar, embora não exista o ponto ótimo. Como conclusão há uma submissão a uma racionalidade limitada, o que não significa que não deva calcular e buscar sua racionalidade em função de seus objetivos. Algum tipo de racionalidade que permita uma abordagem dinâmica da tomada de decisão, e não, uma abordagem estática. Entretanto, abordagens dinâmicas são difíceis de serem modeladas.

O objetivo de otimização no processo decisório, tais como a priorização e a seleção de projetos de P,D&I, nem sempre é possível, mas sim, de acordo com o conhecimento disponível e em função dos objetivos, critérios e atores componentes. Portanto, não é possível alcançar uma racionalidade objetiva. Dessa discussão é importante observar que conhecimento e incerteza não são opostos. Isso porque o conhecimento se modifica ao longo do tempo e, portanto, o tempo importa.

A definição de prioridades e a seleção de projetos de P,D&I são processos dinâmicos e constituem um momento de decisão. A questão subjacente a este trabalho está relacionada à possibilidade de se estabelecer um sistema capaz de definir a melhor decisão e como tomar a melhor decisão. Portanto, seja no nível organizacional, científico ou tecnológico, problemas como priorização e seleção estarão sempre lidando com o problema da tomada de decisão sob condições de incerteza conforme apontados pelos autores citados e, particularmente, com as ideias de Schackle: definir os possíveis resultados; considerar as expectativas relacionadas (surpresas); encontrar as melhores ou mais adequadas opções e tomar uma decisão.

O próximo capítulo explorará as abordagens, métodos e técnicas disponíveis para o processo decisório envolvendo a definição de prioridades e seleção de projetos de P,D&I com o foco em organizações públicas de pesquisa. O problema da complexidade da tomada de decisão será tratado considerando as colocações de Stacey (1995, 2010) e respeitando os conceitos de Schackle (1969), sobre incerteza, especialmente a decisão não vazia (*non-empty*) que se dá sob condições de incerteza limitada (*bounded uncertainty*).

## **CAPÍTULO 2 - DEFINIÇÃO DE PRIORIDADES E SELEÇÃO DE PROJETOS DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO**

As organizações estão diante de uma diversidade de desafios na forma de competição global, demandas crescentes de consumidores cada vez mais conscientes e diversificados e preocupações ambientais cada vez maiores. Com o crescimento da competição entre as organizações, inovação é determinante para firmas de alta tecnologia sobreviverem (RENGARAJAN & JAGANNATHAN, 1997; GHORBANI & RABBANI, 2009). Assim, Padhy & Sahu (2011) destacam que, sob situações competitivas e restritivas, as organizações não têm escolha, a não ser empreender iniciativas transformadoras que proporcionem a implementação de novas estratégias de negócios. Para Beaujon *et al.* (2001) inovação é frequentemente citada como uma estratégia chave para sobrevivência. Organizações de alta tecnologia competem em um mercado com mudanças dinâmicas, no qual para sobreviver e crescer precisam introduzir um fluxo contínuo de novos produtos. Para muitas organizações, especialmente aquelas que dependem de inovação para continuar no negócio, a chave para a competitividade continuada está na habilidade de desenvolver e implementar novos produtos e processos (VERMA *et al.*, 2011; MEADE & PRESLEY, 2002).

A questão, portanto, é relativa à tomada de decisão. Para Gomes *et al.* (2011), o processo decisório é um problema complexo pois os critérios necessários para a escolha entre diferentes alternativas são diversos. Esse processo, portanto, demanda o desenvolvimento e a aplicação de metodologias capazes de considerar esses diferentes critérios para a tomada de decisão. Os problemas complexos da tomada de decisões, geralmente, apresentam, pelo menos, uma das características a seguir: i) os critérios de resolução do problema são, no mínimo, dois que conflitam entre si; ii) tanto os critérios como as alternativas não estão claramente definidos, e as consequências da escolha de uma determinada alternativa, com relação a pelo menos um critério, não são devidamente compreendidas; iii) os critérios e as alternativas podem estar interligados, de forma que um dado critério pode refletir parcialmente outro critério, enquanto a eficácia em optar por uma alternativa específica depende de que outra seja ou não escolhida, no caso de as alternativas não serem mutuamente excludentes; iv) a solução do problema depende de um conjunto de pessoas, cada uma com seu próprio ponto de vista, muitas vezes conflitante com o das demais; v) as restrições do problema não estão bem definidas, podendo existir dúvidas a respeito do que é critério e do que é restrição; vi) alguns critérios são quantificáveis, enquanto outros somente o são por

meio de juízos de valor efetuados sobre uma escala; vii) a escala para um determinado critério pode ser cardinal, verbal ou ordinal, dependendo dos dados disponíveis e da própria natureza dos critérios (GOMES *et al.*, 2011).

A apresentação e discussão das principais abordagens de priorização e seleção de projetos será o foco do segundo capítulo. As principais ferramentas e métodos serão caracterizados e categorizados com o objetivo de proporcionar uma discussão sobre o atendimento de suas características às especificidades da gestão de P,D&I e em que ponto incorporam uma avaliação de resultados e impactos, ou seja, uma avaliação *ex post*. Num momento posterior é feita uma revisão de literatura considerando a perspectiva da priorização e seleção de projetos em organizações de pesquisa de forma a proporcionar a compreensão do potencial de aplicação de métodos, técnicas, abordagens e ferramentas ao processo de seleção. A discussão sobre o problema complexo de seleção recebe, em seguida, a contribuição da Matriz de Stacey, cujo propósito é proporcionar a identificação de ações gerenciais em função do nível de concordância entre as partes interessadas e o grau de incerteza observáveis na tomada de decisão. Portanto, nesse capítulo a ênfase estará em metodologias de identificação de prioridades e seleção de projetos de inovação.

## **2.1. Pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I) e projetos de P,D&I**

No contexto anteriormente descrito, pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I) são fundamentais para desenvolvimentos incrementais e diversificação em novas linhas de produtos por meio de desenvolvimentos inovadores. Então, P,D&I tem um papel crucial no sucesso futuro das organizações contanto que os recursos estejam alocados nas atividades certas. Para esse tipo de organização, P,D&I é uma função integral inserida na estrutura de administração estratégica (RENGARAJAN & JAGANNATHAN, 1997; GHORBANI & RABBANI, 2009; MEADE & PRESLEY, 2002).

Projetos de P,D&I são intensivos em recursos e os ganhos e custos associados aos projetos devem ser cuidadosamente considerados e, como resultado, a gestão de projetos de P,D&I de alta tecnologia é um empreendimento complexo e desafiador (HASSANZADEH *et al.*, 2014; VERMA *et al.*, 2011). Heidenberger & Stummer (1999) observam que sua importância vem do fato de que projetos de P,D&I são um elemento central da renovação corporativa e influenciam fortemente o sucesso organizacional.

Nesse sentido, a organização deve selecionar projetos alinhados às suas metas de curto prazo assim como com seus objetivos de longo prazo. Portanto, como aponta Bordley

(1998), a ênfase deve ser sobre a geração de projetos de P,D&I de alta qualidade por meio de comunicação eficaz das prioridades corporativas. A seleção de projetos é somente uma parte da solução para gestão eficaz de P,D&I, mas ainda assim, é um problema estratégico e uma das mais importantes decisões que uma empresa enfrenta (FANG *et al.*, 2008; GHORBANI & RABBANI, 2009) e deve ser implementada considerando metas e objetivos que são usualmente conflitantes.

A seleção de projetos de P,D&I é um problema complexo e não trivial com importantes implicações organizacionais e a proposta da seleção é definir um subconjunto viável de um conjunto maior de projetos promissores com base em múltiplos critérios. Os recursos são sempre limitados (financeiros, pessoal, infraestrutura, etc.), além de outras restrições como política corporativa e relações contratuais com outros *stakeholders*<sup>6</sup>.

As incertezas estão sempre presentes em projetos de P,D&I, tais como incertezas nos resultados dos projetos, na disponibilidade de recursos, na interdependência e interações entre os projetos. Baseados nessas restrições e incertezas, a gestão de P,D&I deve selecionar um portfólio baseado em múltiplos critérios e representando as metas e objetivos corporativos. Assim, o desafio consiste em selecionar o melhor portfólio de projetos de P,D&I, considerando objetivos concorrentes e até mesmo conflitantes, dentro da restrição de recursos e com a presença de incertezas (HASSANZADEH *et al.*, 2014).

Particularmente, portfólios de projetos de P,D&I têm ciclos de vida longos, são incertos, as avaliações de seus efeitos futuros quanto à lucratividade, posição de mercado, vantagens competitivas são imprecisas e podem demandar e gerar investimentos adicionais (CARLSSON *et al.*, 2007). Alguns objetivos são comuns quanto a gestão de portfólios de projetos de P,D&I, embora existam diferenças entre as organizações, quais sejam: o equilíbrio do *mix* de projetos entre pesquisa básica e aplicada, encorajamento da criatividade ao mesmo tempo em que se estabelecem objetivos, ligação da P,D&I aos consumidores internos e externos, medição dos resultados da P,D&I em termos significativos para a organização.

Alguns desafios se colocam na busca por esses objetivos: prazo de maturação longo da P,D&I, incerteza quanto ao sucesso comercial dos projetos de P,D&I, especialização das habilidades de P,D&I que acabam por limitar a transferência de um projeto para outro. A alocação de recursos de P,D&I a uma série de atividades pode ser vista, com algumas restrições, de forma análoga a um investidor financeiro alocando capital a um conjunto de oportunidades de investimento. Em ambos os casos o objetivo é identificar um conjunto bem

---

<sup>6</sup> Pessoas ou grupos que participam, investem e que possuem algum tipo de interesse em uma organização ou negócio. Inclui acionistas, proprietários, gestores, empregados, sociedade e governo.

equilibrado de investimentos que retorne o máximo valor e equilibre o risco. Em alguns casos, a aplicação pode ser simples. Em outros, dadas as necessidades específicas da organização é necessária uma abordagem mais complexa (BEAUJON *et al.*, 2001).

Casault *et al.* (2013) observam que a literatura de seleção de projetos se concentra na construção de portfólios baseados em uma série de projetos individuais que atendam um conjunto definido de critérios de mérito. Os gestores estão cada vez mais preocupados em maximizar o valor total de seus portfólios de P,D&I alinhando os portfólios às metas estratégicas<sup>7</sup>. Os projetos são desempenhados em escalas de tempo diferentes, tem exigências de recursos diferentes e metas diferentes. Por exemplo, alguns projetos podem não levar diretamente a retornos financeiros, mas podem promover o desenvolvimento de competências e avanços na fronteira do conhecimento. A ideia subjacente é que a combinação de todos os bons projetos individuais não necessariamente leva a constituição de um portfólio ótimo. O importante é considerar uma abordagem estratégica quando se analisa um grupo de projetos propostos (CHIEN, 2002).

Nesse contexto, Casault *et al.* (2013) destacam que a teoria moderna de portfólio é um campo de pesquisa ativo e maduro em teoria financeira<sup>8</sup>. Muito da teoria financeira de portfólio pode ser transferido para gestão de projetos a partir da ideia de que se precisa entender o risco e o valor inerente na relação entre projetos. Equilibrar um portfólio é a ciência de agrupar ativos que tem características individuais que os torne lucrativos como um grupo apesar da incerteza dos ativos individuais e das flutuações de mercado. A diversificação é uma primeira técnica para lidar com o risco. Da mesma forma, diversificar um portfólio de projetos assegura que metas complexas são alcançadas dado que qualquer projeto de P,D&I individual não pode refletir precisamente os objetivos competitivos de uma estratégia de P,D&I (EILAT *et al.*, 2006).

A diversificação funciona no mercado financeiro porque alguns ativos são negativamente correlacionados com outros. Para a P,D&I, isso não pode ser facilmente implementado porque é mais difícil medir o perfil de retorno esperado de um projeto de P,D&I e o comportamento dos projetos sob condições de incerteza. De qualquer forma é

---

<sup>7</sup> Considerar uma abordagem de portfólio pode ajudar a minimizar a duplicação de esforços e aumentar a sinergia entre projetos interdependentes. Medir e antecipar essas sinergias são uma tarefa exponencialmente difícil e exige uma estrutura (*framework*) para aferir a importância relacional dos *inputs* e *outputs* dos projetos ao mesmo tempo considerando os vínculos entre os projetos e suas atividades em um portfólio (CASUALT *et al.*; 2013).

<sup>8</sup> Os estudos sobre maximização dos retornos esperados dos ativos em um portfólio vêm desde os anos 1950. O princípio básico da teoria é que os ativos não devem ser selecionados somente com base em seus méritos individuais (retornos esperados). A teoria está preocupada em quantificar como o retorno de cada ativo muda em relação a outros ativos no portfólio e as flutuações de mercado.

importante equilibrar um portfólio de P,D&I com projetos de alto e baixo risco e alto e baixo retornos esperados para não comprometer os objetivos estratégicos da organização. A aplicação direta da teoria financeira é problemática porque há diferenças substanciais entre investimentos financeiros e projetos reais, de P,D&I. Projetos de P,D&I não são negociados a preços fixos em um ambiente de mercado, simplesmente porque o produto final ainda não existe e pode, além mesmo, nunca existir. Isso resulta em informação imperfeita sobre o valor inerente do projeto e seus retornos esperados futuros.

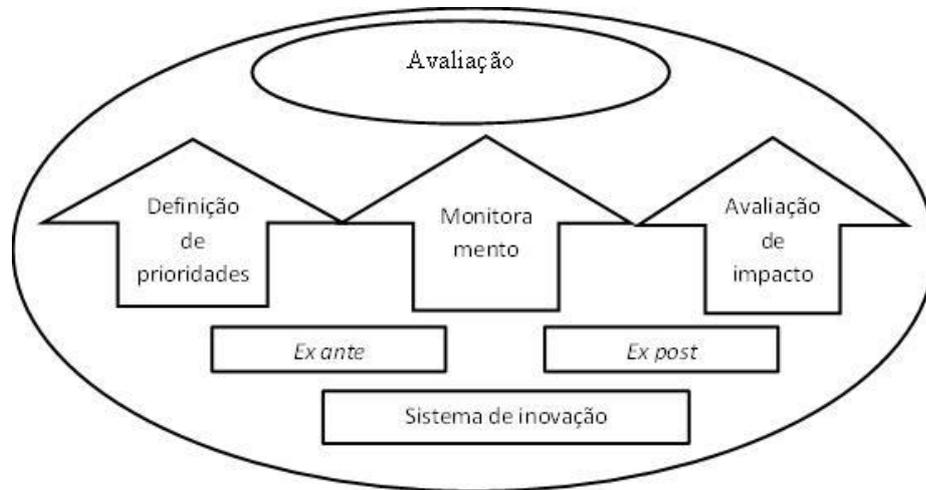
Quanto à P,D&I pública, Santamaría *et al.* (2010) salientam que sua importância é indiscutível entre os economistas, especialmente num contexto das modernas economias baseadas em conhecimento. Assim, o apoio governamental a P,D&I é amplamente aceito e o amplo consenso sobre o valor do suporte público a P,D&I é baseada na existência de falhas de mercado (ARROW, 1962), as quais criam um hiato entre os benefícios sociais públicos e privados derivados das atividades de P,D&I.

Desse modo, Link e Vonortas (2013) destacam que tanto os governos quanto a sociedade tem questionado sobre a eficiência, eficácia e prestação de contas (*accountability*) dos investimentos em ciência, tecnologia e inovação. Em combinação com demandas crescentes quanto à transparência e desempenho, a importância da avaliação de políticas públicas e avaliação dos fundos públicos de P,D&I é cada vez mais relevante.

As facetas da avaliação incluem definição de prioridades (*priority setting*) e avaliação *ex ante*; monitoramento do progresso (avaliação de meio termo) e avaliação de resultados e impactos (avaliação *ex post*). Essas atividades objetivam medir o desempenho, apoiar a gestão baseada em desempenho e orçamento baseado em desempenho, fortalecer *accountability* e transparência e melhorar a comunicação das atividades do programa e produtos (*outcomes*) para os formuladores de políticas públicas.

Nesse contexto, avaliação tem se tornado uma ferramenta fundamental do planejamento e administração estratégica de programas públicos de apoio à P,D&I e, nesse sentido, refere-se tanto à apreciação *ex-ante* de programas quanto avaliação *ex-post* e inclui todos os blocos construtores da avaliação, quais sejam a definição de prioridades (*priority setting*), monitoramento e avaliação de impacto (VONORTAS & DESAI, 2007). A Figura 2.1 sintetiza a abrangência do conceito de avaliação.

**Figura 2.1.** Estrutura para avaliação da pesquisa pública



**Fonte:** Link e Vonortas (2013)

A discussão sobre seleção de projetos na literatura é permeada de expressões relativas a projetos, portfólios e a própria seleção de projetos de P,D&I. Para tal, o próximo item procurará fazer os esclarecimentos necessários de forma a permitir, nas seções seguintes a clara identificação do problema central que esta tese procura abordar, qual seja, a complexidade da definição de prioridades e seleção de projetos de P,D&I em uma organização pública de pesquisa.

## **2.2. Portfólio, projetos e seleção de projetos de P,D&I**

Kwak & Anbari (2009) estudaram a pesquisa em gestão de projetos a partir da perspectiva de sua relação com disciplinas do campo da Administração e proporcionaram uma visão do avanço desse tema como uma disciplina acadêmica. A análise da pesquisa em gestão de projetos revela uma explosão de popularidade e forte interesse em pesquisa no tema. Baseados em 537 artigos pesquisados, os autores identificaram as quatro principais disciplinas relacionadas ao tema de gestão de portfólio: estratégia/gestão de portfólio de projetos; tecnologia e inovação/novos produtos/P,D&I; tecnologia da informação e desempenho. Essas quatro áreas representam as disciplinas nas quais os interesses dos pesquisadores estão atualmente focados e com elevado potencial de pesquisa futura.

A ênfase principal da literatura sobre gestão de portfolio de projetos está voltada para métodos de seleção e terminação de projetos individuais. Entretanto, decisão em gestão de portfolio de projetos é mais complexa do que somente seleção e terminação, incluindo decisões para adiar/atrasar projetos ou continuar a execução com recursos reduzidos.

Um portfolio é uma coleção de programas ou projetos administrada como um conjunto para atingir objetivos de níveis tático e estratégico. Os componentes do portfolio podem não ser necessariamente interdependentes ou ter objetivos relacionados, mas podem ser medidos, ranqueados e priorizados. Nesse sentido, um portfolio existe para alcançar um ou mais objetivos (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2013). A gestão de portfólio, como observa Miguel (2008), consiste no gerenciamento do conjunto de projetos associados aos objetivos estratégicos da organização de forma compatível com os recursos disponíveis para sua realização. De acordo com Cooper *et al.* (1998), a gestão do portfolio é um processo de decisão dinâmico, pelo qual um conjunto de projetos de novos produtos é constantemente atualizado e revisado. São verificados aqueles projetos que, estrategicamente, são vitais para serem executados, seja pela vertente tecnológica ou mercadológica.

Archer e Ghasemzadeh (1999) propõem um modelo para seleção de projetos a partir de um conjunto de potenciais projetos, definindo, assim, a seleção de portfólio como “*a atividade periódica envolvida na seleção de uma carteira, a partir de propostas de projetos disponíveis e de projetos em andamento, que visam cumprir objetivos estabelecidos na organização, numa forma desejável e sem exceder as limitações de recursos ou ultrapassar as outras restrições*”. Os autores propuseram, também, estabelecer etapas claras e definidas para a seleção de projetos, separados por “*gates*” (portais) de aprovação intermediária. Conforme destacam Archer & Ghasemzadeh (2004) a seleção de portfolio é uma decisão estratégica e, assim, o processo de seleção deve estar vinculado à estratégia de negócio da organização.

Para Cooper *et al.* (2001), gestão de portfolio de projetos de P,D&I refere-se à forma pela qual as organizações devem investir mais efetiva e eficientemente seus recursos de P,D&I. A otimização dos investimentos em P,D&I define a estratégia de novas tecnologias, produtos, processos e serviços, seleciona os projetos que se espera serão bem sucedidos de forma a obter retornos mais elevados desse investimento. Desse modo, como destacam os autores, a gestão de portfolio é a manifestação da estratégia de negócios da empresa, indicando onde e como a firma investirá para o futuro. Assim, a gestão de portfolio lida com questões tais como; maximização do valor do portfolio, retorno sobre os gastos em P,D&I,

equilíbrio do portfólio e estratégia de investimento do portfólio alinhada com a estratégia geral de negócios da empresa.

O processo de decisão relativo à priorização e seleção de projetos de P,D&I é caracterizado por informação incerta e mutante, oportunidades dinâmicas, múltiplos objetivos e considerações estratégicas, interdependência entre projetos e múltiplos tomadores de decisão. Assim, essa atividade envolve ou sobrepõe um número de processos de tomada de decisão dentro do negócio, incluindo revisões periódicas do portfólio, decisões de seguir ou parar (*go/kill*) projetos individuais em um processo contínuo (usando *gates* ou *stage-gates*) e desenvolvendo uma estratégia de novos produtos para o negócio alinhada às decisões de alocação de recursos estratégicos. Alguns dos problemas que atingem os esforços de novos produtos se devem a uma gestão de portfólio ineficaz em função da ausência de critérios estratégicos na seleção dos projetos, presença de projetos de baixo valor, ausência de foco, falta de critério para o cancelamento de projetos, longo tempo até a chegada ao mercado (*time to market*), baixa qualidade de execução e seleção de projetos errados (COOPER *et al.*, 2001).

Para um melhor esclarecimento, Archer & Ghasemzadeh (1999) propõem definições de projeto, portfólio de projetos e seleção de portfólio de projetos. Assim, projeto é um esforço complexo, composto de tarefas inter-relacionadas, desempenhada por várias organizações, com objetivo, cronograma e orçamento bem definidos. Por sua vez, um portfólio de projetos refere-se a um grupo de projetos que são empreendidos sob o patrocínio e/ou administração de uma organização específica. Esses projetos devem competir por recursos escassos (pessoas, finanças, tempo, etc.) disponibilizados pelo patrocinador, dado que não há, usualmente, recursos suficientes para empreender todos os projetos propostos que atendem os requisitos mínimos da organização sobre certos critérios, tais como lucratividade potencial. Finalmente, a seleção de projetos é a atividade periódica envolvida na seleção de um portfólio a partir de propostas de projetos disponíveis e projetos em execução, que vão de encontro aos objetivos declarados da organização de uma forma desejável sem exceder os recursos ou violar outras restrições.

A seleção de projetos é o meio pelo qual as estratégias são realmente implementadas e o sucesso de longo prazo da empresa é determinado pela eficácia de seu processo de seleção de projetos. Seleção de projetos de P,D&I tem sido um problema de longa data na ciência administrativa e a literatura sobre modelos pode ser dividida em duas abordagens principais: a abordagem tradicional de “evento decisório” e uma mais recente de “processo decisório” ou abordagem sistêmica. A maioria da literatura inicial (pré anos 1980) foca em modelo de evento decisório e tem sido apontado que esses modelos clássicos sofrem

de deficiências importantes. Uma nova literatura começou a se desenvolver e enfatiza o processo de decisão ou uma abordagem de sistemas. O problema para seleção de projetos de P,D&I é complexo em função de fatores que são distintos daqueles problemas tradicionais de orçamento de capital. Essa complexidade é manifestada pela presença de critérios de seleção múltiplos, inter-relacionados, e recursos múltiplos, inter-relacionados. Também envolvem considerável incerteza (os benefícios futuros de novas tecnologias) e fatores qualitativos (fatores estratégicos) que são ambos incertos e difíceis de medir (SCHMIDT & FREELAND, 1992).

A gestão de portfólio de projetos é uma parte essencial do processo de planejamento operacional para a maioria das organizações públicas e privadas. Tais organizações têm tipicamente vários projetos de P,D&I potenciais com diferentes características de desempenho que elas podem escolher usando os recursos disponíveis. Uma das características principais de projetos de P,D&I é que o desembolso total para a geração de retornos bem como os retornos futuros projetados são tipicamente desconhecidos no ato do investimento. Portanto, a decisão de seleção de projetos inclui a geração de novas alternativas, determinação do momento apropriado para a tomada de decisão, coleta de dados, especificação de restrições e critérios e reciclagem, bem como a seleção de projetos e alocação de recursos. Um portfólio de projetos é um conjunto de projetos que dividem recursos durante um dado período, entre os quais pode haver complementariedade, incompatibilidade ou sinergias produzidas pela divisão de custos e benefícios derivados da condução de mais de um projeto ao mesmo tempo (BAKER, 1975; SOLAK *et al.*, 2010; CARAZO *et al.*, 2010).

Entre os fatores que tornam complexo o problema de seleção de projetos de P,D&I está a necessidade de tomada de decisão dentro de uma estrutura/*framework*, dos objetivos estratégicos de uma empresa e sua estrutura organizacional, enquanto considera e integra os benefícios financeiros e estratégicos de cada projeto. Assim, a seleção de projetos é uma tarefa desafiadora que envolve proporcionar a uma organização uma lista priorizada de projetos, os quais terão escopo futurístico, alinhamento estratégico e envolvimento de *stakeholders*, sendo, portanto, uma atividade gerencial crítica em organizações de P,D&I. Constitui um processo decisório que aloca recursos e estabelece prioridades entre programas de P,D&I que determinarão a carteira futura das atividades organizacionais. Portanto, proporciona uma ligação crítica entre as metas de estratégia de desenvolvimento de novos produtos e as atividades correntes de desenvolvimento de novos produtos. Nesse processo, o tomador de decisão deve levar em consideração um ou mais objetivos ou metas. (LOCH *et*

*al.*, 2001; MEADE & PRESLEY, 2002; MEDAGLIA *et al.*, 2007; BITMAN & SHARIF, 2008; SMITH-PERERA *et al.*, 2010; PADHY & SAHU, 2011).

Em resumo, Bin *et al.* (2015) observam que gestão de portfólio de projetos é um dos principais eixos dos modelos de gestão de organizações públicas e privadas envolvidas em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I). Assim, priorizar a alocação de recursos é um dos principais desafios nesse campo. O objetivo é obter sucesso pelo atingimento de bons produtos e resultados, enquanto o desafio é fazer isso sob incerteza radical. Esse “problema de seleção” não é novo dado que, desde 1960, muita literatura tem se dedicado ao problema, tanto conceitualmente pela discussão da incerteza e o grau de risco intrínseco aos projetos de P,D&I e, metodologicamente, pelo desenvolvimento de diferentes abordagens e ferramentas de apoio à tomada de decisão (BIN *et al.*; 2015).

A ausência de uma gestão de portfólio eficaz pode gerar forte relutância em descontinuar projetos, inexistência de critérios para continuação ou descontinuação de projetos e ausência de mecanismo consistente para avaliação e monitoramento. Sem uma gestão de portfólio rigorosa, observam Cooper *et al.* (2001), ao invés de decisões baseadas em fatos e critérios objetivos, decisões são baseadas em política, opiniões e emoção<sup>9</sup>. Entretanto, cabe destacar o que afirmam Kester *et al.*, 2011, que a literatura ainda não se moveu de decisões sobre projetos individuais para como gerenciar portfólios de forma integral mais eficientemente. Ao longo da literatura ainda há um grande hiato em entender o que constitui um processo de tomada de decisão eficaz em gestão de portfólio.

Mikkola (2001) observa que nos últimos anos tem havido um crescente interesse na área de gestão de carteira de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I). Para a autora, as técnicas de portfólio são ferramentas poderosas que permitem que produtos e projetos de P,D&I sejam analisados de maneira sistemática, proporcionando, no longo prazo, uma oportunidade para a otimização do crescimento de uma organização. Algumas vantagens oferecidas pela abordagem de gestão de portfólio de projetos de P,D&I são destacadas pela autora, quais sejam: identificação dos pontos fortes e fracos de cada projeto; melhoria do processo de tomada de decisão sobre alocação de recursos, seleção de projetos e definição de prioridades; incentivo à análise sistemática dos projetos; ênfase no consenso e identificação das lacunas e oportunidades de desenvolvimento futuro.

---

<sup>9</sup> Para Schackle (1969) as decisões não vazias (*non-empty decisions*) são baseadas em imaginação e sobre ela as expectativas são construídas.

A análise de portfólio de projetos de P,D&I ilustra as posições competitivas dos produtos, processos, tecnologias e projetos, bem como lacunas deficientes que necessitam de aperfeiçoamento. Entretanto, algumas dificuldades são as interdependências tecnológicas entre os projetos que não são tão aparentes e difíceis de avaliar; um bom entendimento de cada projeto individual é necessário e a identificação de bons indicadores de avaliação é difícil. Inserida nessa complexidade, Chien (2002) destaca que as decisões de financiamento de projetos trazem muitos grupos de interesse a arena de alocação de recursos. Assim, um processo de decisão formalizado e estruturado fortalece o tomador de decisão.

A seleção de projetos de P,D&I foca na avaliação individual dos projetos e então busca formas de combinar os projetos para compor um portfólio. Entretanto, a combinação individual de projetos não constitui necessariamente um portfólio ótimo dado que alguns bons projetos podem não ser selecionados porque eles não se encaixam nas metas gerais do programa, ou seja, nos objetivos do portfólio. Nesse contexto, poucos estudos têm lidado com as seguintes propriedades da gestão de portfólio de projetos: i) os objetivos que são considerados na avaliação do portfólio seriam diferentes dos objetivos considerados na seleção de projetos individuais, conforme exposto na Tabela 2.1; ii) os projetos selecionados no portfólio são frequentemente inter-relacionados sugerindo necessidade de considerar as interações<sup>10</sup>; iii) os estudos existentes constroem o portfólio de P,D&I selecionando individualmente bons projetos e então ajustando-os de acordo com os critérios específicos do portfólio (CHIEN, 2002).

---

<sup>10</sup> As interações internas podem ser classificadas em três categorias: i) interações de recursos: quando as exigências de recursos dos projetos no portfólio não podem ser representadas como a soma individual dos recursos exigidos por cada projeto. Isso ocorre quando os projetos compartilham os recursos; ii) interações de benefícios: se os impactos dos projetos são não-aditivos. Os projetos são “complementares” ou “competitivos”; iii) interações de resultados: ocorre se a probabilidade de sucesso de um projeto depende da realização de outro projeto.

**Tabela 2.1** Comparação entre projeto e portfólio

	<b>Projetos</b>	<b>Portfólios</b>
<b>Escopo</b>	Projetos têm objetivos definidos. O escopo é progressivamente elaborado ao longo do ciclo de vida do projeto.	Portfólios têm um escopo organizacional que muda com os objetivos da organização
<b>Mudança</b>	Os gestores dos projetos esperam por mudanças e implementam processos para manter a mudança sob administração e controle	Os gestores do portfólio monitoram continuamente mudanças no ambiente interno e externo
<b>Planejamento</b>	Os gestores dos projetos elaboram progressivamente informação de alto nível em planos detalhados ao longo do ciclo de vida do projeto	Os gestores do portfólio criam e mantêm processos e comunicação necessários relativos ao portfólio agregado
<b>Gestão</b>	Os gestores dos projetos gerenciam a equipe do projeto em direção aos objetivos do projeto	Os gestores do portfólio podem administrar ou coordenar o pessoal de gestão do portfólio, programa ou projeto que podem ter responsabilidades a reportar ao portfólio como um todo
<b>Sucesso</b>	O sucesso é medido pela qualidade do produto e do projeto, cumprimento do cronograma, adequação ao orçamento e grau de satisfação	O sucesso é medido em termos do desempenho do investimento agregado e realização de benefícios do portfólio
<b>Monitoramento</b>	Os gestores do projeto monitoram e controlam o trabalho de produção dos produtos, serviços ou resultados que o projeto deverá produzir	Os gestores do portfólio monitoram mudanças estratégicas e agregam alocação de recursos, resultados de desempenho e risco do portfólio

**Fonte:** adaptado de Project Management Institute (2013)

Meskendahl (2010) examina a ligação entre a estratégia do negócio, a gestão de portfólio de projetos e o sucesso do negócio para reduzir o hiato entre formulação e implementação da estratégia, em função da existência de poucos estudos explorando a ligação entre estratégia, gestão de portfólio de projetos e sucesso do negócio. A ênfase normalmente é colocada na formulação de estratégias enquanto a dificuldade estaria em sua implementação – o *locus* da gestão de portfólio de projetos.

As organizações enfrentam maiores dificuldades com a implementação das estratégias do que com sua formulação. O sucesso do portfólio é avaliado baseando-se nos objetivos multidimensionais; maximização do valor, equilíbrio do portfólio e alinhamento estratégico conforme propostos por Cooper *et al.* (2002) e, nesse sentido, a capacidade de

estruturação de um portfólio de uma organização é uma capacidade dinâmica que quando combinada com a orientação estratégica proporciona coerência e resolução.

Contrariamente a abordagens tradicionais de gestão de portfólio, a gestão de portfólio de projetos de P,D&I está voltada para novas oportunidades, novos produtos, tecnologias, processos e novos empreendimentos. A gestão de portfólio de P,D&I lida com eventos futuros e oportunidades e, ao contrário dos modelos tradicionais, a maior parte da informação é na melhor das hipóteses incerta e pouco confiável, mas ainda assim a alocação de recursos deve ser feita. O ambiente decisório é dinâmico, está em constante mutação e os resultados de novos estudos são conhecidos, testes de mercado e técnicos são concluídos e novas informações científicas, tecnológicas e de mercado emergem. Ainda, novas oportunidades surgem e concorrem por recursos escassos com os projetos existentes, em execução (COOPER *et al.*, 2001). Portanto, o ambiente é caracterizado por complexidade.

O próximo item faz uma revisão de literatura sobre os principais métodos, abordagens e técnicas de seleção de projetos. Em função do tema central desta tese referir-se à priorização e seleção de projetos de P,D&I em organizações públicas de pesquisa buscou-se na revisão de literatura aquelas abordagens mais próximas a realidade da ciência, tecnologia e inovação e do tipo peculiar de organização de pesquisa.

### **2.3. Abordagens, técnicas e ferramentas de seleção de projetos de P,D&I**

Muita atenção tem sido dada na literatura a métodos para a avaliação e seleção de projetos de P,D&I. As abordagens tradicionais de seleção de projetos focam principalmente em ferramentas quantitativas, tais como fluxo de caixa descontado, valor presente líquido, período de *payback* (prazo de retorno do investimento) e retorno do investimento. Porém, essas abordagens ignoram múltiplos fatores que impactam a seleção de projetos. Escores multicritérios e métodos de ranqueamento são largamente empregados para incrementar o processo de seleção de projetos sendo usados para proporcionar um escore aos projetos relativamente a cada um dos objetivos de avaliação, onde a cada objetivo é atribuído um peso. Iamratanakul *et al.* (2008) resumiram a literatura passada e presente sobre seleção de projetos de portfólio, na qual destacaram seis grupos de métodos: i) métodos de medição de benefícios; ii) abordagens de programação matemática; iii) modelos de simulação e heurística; iv) abordagens de emulação cognitiva; v) opções reais e; vi) modelos *ad hoc*.

Gomes *et al.* (2011) destacam o fim da Segunda Guerra Mundial como o marco que promoveu a disseminação do uso da Pesquisa Operacional. Assim, considerando um

objetivo de otimização de custos, gastos e lucros, são desenvolvidos métodos matemáticos para a obtenção da solução ótima de um problema. Nessa otimização clássica ou programação matemática, procura-se o valor máximo ou mínimo de uma única função objetivo, submetida a um conjunto de condições ou restrições que, necessariamente, deve ser satisfeito. Desse modo, as consequências derivadas da escolha de cada uma das alternativas são reduzidas ou expressas em termos de uma única função avaliadora. Na década de 1970, surgem os primeiros métodos de Apoio ou Auxílio Multicritério à Decisão, com o intuito de obter solução para problemas específicos, por meio de decisão racional e satisfação simultânea de diversos objetivos. Esses métodos têm a capacidade de agregar todas as características importantes, inclusive as não quantitativas, com a finalidade de possibilitar a transparência e a sistematização do processo referente aos problemas de tomada de decisão. Envolve não somente uma representação multidimensional dos problemas, mas também incorporam uma série de características em relação à sua metodologia, tais como:

- A análise do processo de decisão tem sempre o objetivo de identificar informações/regiões críticas
- A existência de uma melhor compreensão sobre as dimensões do problema
- A possibilidade de haver diferentes formulações válidas para o problema
- A aceitação de que, em problemas complexos, as situações nem sempre se ajustam a um perfeito formalismo e que as estruturas que representam de forma parcial a comparabilidade entre as alternativas podem ser relevantes no processo de auxílio à decisão
- O uso de representações explícitas de uma estrutura de preferências, em vez de representações numéricas definidas artificialmente, muitas vezes pode ser mais apropriado a um problema específico.

O enfoque do Apoio Multicritério à Decisão não procura apresentar ao decisor uma solução para o problema, elegendo uma única verdade representada pela alternativa escolhida. Pretende, sim, apoiar o processo de decisão ao recomendar ações ou cursos de ação a quem vai tomar a decisão. Em essência, o problema de Apoio à Decisão Multiobjetivo ou Multicritério é, sob determinadas condições, um problema de otimização com diferentes funções objetivo simultâneas. Matematicamente pode ser representado por:

Max  $F(x)$

$x \in X$

onde  $x$  é o vetor  $[x_1, x_2, \dots, x_n]$  das  $n$  variáveis de decisão.

A região factível do problema ou conjunto de todos os valores que podem assumir as variáveis de decisão é representada por  $X$ .

O termo  $F(x)$  é o vetor  $[f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)]$  de  $p$  funções objetivo que representam os objetivos simultâneos do problema.

Nesse tipo de problema, segundo Gomes *et al.* (2011), é praticamente impossível existir uma alternativa ou solução para a qual todas as funções objetivo atinjam, ao mesmo tempo, seu valor ótimo. Diferentemente disso, em razão do maior ou menor conflito entre os objetivos, é comum que uma solução seja melhor que outras em alguns dos objetivos, ao mesmo tempo em que, para os demais objetivos, essa mesma solução seja superada por outras. Nesses casos, o decisor escolherá a melhor alternativa dentre um conjunto das que considera satisfatórias. Uma metodologia de Apoio Multicritério à Decisão procura fazer com que o processo seja o mais neutro, objetivo, válido e transparente possível, sem pretender indicar ao decisor uma solução única e verdadeira. Essa metodologia possui quatro níveis que devem ser considerados, não sendo, necessariamente, sequenciais: i) objeto da decisão e espírito da recomendação; ii) análise das consequências e elaboração dos critérios; iii) modelagem das preferências globais e abordagem operacional; iv) análise dos resultados.

Metodologias, técnicas e abordagens têm sido propostas, baseadas em modelos de ferramentas de apoio à decisão (NEWTON & PEARSON, 1994; LOCH *et al.*, 2001). Heidenberger & Stummer (1999) fazem uma revisão de literatura sobre modelos quantitativos para seleção de projetos de P,D&I e alocação de recursos, destacando as diversas abordagens de modelagem quantitativa para seleção de projetos e alocação de recursos e apresentando métodos de medição de benefícios, programação matemática, teoria dos jogos e teoria da decisão, simulação e heurística, abordagens de emulação cognitiva, tais como métodos estatísticos ou análise do processo de decisão. A classificação a seguir é fortemente baseada em Iamratanakul *et al.* (2008)<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> IAMRATANAKUL, S.; PATANAKUL, P.; MILOSEVIC, D. Project portfolio selection: From past to present. **2008 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology**, p. 287-292, 2008.

### 2.3.1 Métodos de medição de benefícios

Os projetos que proporcionam os maiores benefícios são selecionados de forma sequencial dentro das restrições gerais de orçamento. Nesses métodos se inserem:

a) Modelos comparativos - Comparam uma proposta com outra ou com um subconjunto de propostas. O processo deve ser repetido com a retirada ou entrada de nova proposta. Envolve bastante tempo dos empregados para o processo. Sistemas de suporte a decisão devem ser utilizados para obtenção dos dados de *input* dos projetos e avaliação dos resultados. As medidas de benefício obtidas somente tem significado com relação ao conjunto de projetos avaliados.

b) Modelos de escore e listas de checagem (*checklist*) - constituem uma categoria geral de técnicas de medição de benefícios com ênfase em avaliações subjetivas de variáveis estratégicas, tais como aderência aos objetivos corporativos, vantagem competitiva e atratividade de mercado. Esses modelos têm melhor aplicação na fase inicial de avaliação de projetos. Assumem que um número relativamente pequeno de critérios de decisão pode ser definido e que, quando apropriadamente relacionados podem ser usados para seleção de projetos e alocação de recursos. Estabelece o mérito de cada projeto com relação a cada critério produzindo um *ranking* geral.

c) *Analytic Hierarchy Process* (AHP) ou Processo Hierárquico Analítico. Permite ao tomador de decisão estruturar uma avaliação multi-projeto complexa na forma de uma hierarquia com os projetos na base e os vários objetivos nos respectivos níveis mais altos. Em qualquer nível dado, cada alternativa tem a mesma ordem de magnitude ou importância e é avaliada com relação a seus pares com respeito a sua importância para os objetivos imediatamente acima. Comparações aos pares (*pairwise comparison*) levam a uma matriz com pesos e prioridades. A Tabela 2.2 exhibe a escala fundamental de comparação par a par.

**Tabela 2.2** Escala fundamental de comparação par a par (Escala de Saaty)

INTENSIDADE	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
1	Igual importância	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada	Experiência e opinião favorecem levemente uma atividade sobre outra
5	Importância forte	Experiência e opinião favorecem fortemente uma atividade sobre outra
d) 7	Muito forte ou demonstrada	Uma atividade é favorecida muito fortemente sobre outra; sua dominância é demonstrada na prática
e) 9 f)	Extrema importância	A evidência favorecendo uma atividade sobre outra é da mais alta ordem possível ou afirmação
g) h) <sup>2, 4, 6, 8</sup> i)	Para acordo entre os valores acima	Em algumas situações é necessário interpolar uma opinião numericamente porque não existe uma forma melhor de expressão
d) Recíprocos e)	Se a atividade <i>i</i> tem um dos valores acima atribuídos a ela quando comparada com a atividade <i>j</i> , então a atividade <i>j</i> tem o valor recíproco quando comparada com <i>i</i>	Uma comparação feita pela escolha do menor elemento como a unidade para estimar o maior como um múltiplo dessa unidade

Fonte: Saaty (2012)

d) Modelos econômicos ou financeiros - tratam a avaliação de projeto como uma decisão de investimento. Assim, os indicadores de decisão são baseados nos cálculos do tempo de retorno do investimento (período de *payback*), retorno sobre o investimento, taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL), fluxo de caixa descontado (FCD), árvore de decisão, análise de sensibilidade. Entretanto, dependendo do perfil dos projetos e da carteira, com variáveis mais ou menos controláveis, torna-se difícil ou mesmo inútil tentar esse tipo de cálculo na fase da seleção de projetos. Esses modelos procuram calcular a relação custo-benefício, valor de opção e/ou o risco financeiro do projeto. São baseados em considerações monetárias e muito próximos às técnicas de orçamento de capital. Por um lado, facilitam a comparação de projetos de P,D&I com outras oportunidades de investimento. Por outro lado, modelos econômicos tradicionais não são aderentes a considerações não-financeiras. Custos ambientais, sociais e políticos ou benefícios de P,D&I podem, a princípio ser adicionados aos cálculos, mas devem ser expressos em termos monetários, o que não é tão trivial.

### 2.3.2 Abordagens de programação matemática

Modelos de programação matemática procuram otimizar uma função objetivo sujeita a restrições relacionadas a recursos, lógica do projeto, dinâmica do projeto, tecnologia, estratégia, etc. Apesar de ser um modelo abundante na literatura sobre seleção de projetos de P,D&I, poucas aplicações reais são encontradas na prática. Frequentemente modelos de programação matemática exigem dados que a gestão de P,D&I não está preparada para providenciar. Os modelos de P,D&I dessa seção se dividem naqueles baseados em programação matemática: linear, não linear, objetiva, dinâmica e estocástica. Modelos de otimização matemática, como a pesquisa operacional, buscam o conjunto ótimo de projetos de forma a maximizar alguma função objetivo (aumento de lucros, redução de custos). Nesse sentido, embora parametrizáveis, são modelos inflexíveis e as soluções são geradas sob restrições em função do objetivo de maximização (COOPER *et al.*; 2001).

a) Modelos de programação linear. É uma das principais ferramentas quantitativas para seleção de projetos de P,D&I. Otimiza os benefícios esperados de um portfolio de projetos, reconhecendo os limites dos recursos disponíveis. Modelos de programação linear assumem que o tamanho de cada projeto é infinitamente divisível, tanto os benefícios quanto o consumo de recursos dependem linearmente do tamanho do projeto, a função de utilidade básica é linear, a incerteza é no máximo capturada nos valores esperados e não existem interdependências entre os projetos de P,D&I.

b) Modelos de programação não-linear – Na prática, muitos problemas de decisão são não lineares por natureza – é um problema de maximização sujeito à uma restrição. Um exemplo pode ser o caso de que um orçamento total deve ser alocado entre o esforço orçamentário de P,D&I, que reduza risco, e as atividades orçadas, que aumente o retorno esperado.

c) Modelos de programação inteira. Por exemplo, maximizar o benefício de um projeto selecionado, sujeito à restrição dos pesquisadores e técnicos disponíveis e orçamento. Na prática, muitos problemas referem-se a decisões do tipo *sim/não* ou *continua/não continua*, de modo que modelos de programação inteira são necessários. Essa abordagem também se aplica facilmente a versões de projetos. Ainda, modelos de programação inteira facilitam a consideração de projetos contingentes, projetos mutuamente exclusivos, projetos paralelos e todos os tipos de interação de projetos dentro de um programa como, por exemplo, aqueles implicados em recursos comuns, tecnologias compartilhadas, considerações

estratégicas e interações de resultados. Por outro lado, a principal dificuldade desse modelo é encontrar um algoritmo eficiente que resolva um problema de programação inteira de tamanho considerável.

d) Modelos de programação de meta (*goal programming*). Derivam do fato de que o tomador de decisão usualmente estabelece suas metas em situações de vida real. Os fatores de prioridade do modelo são estabelecidos de forma que a satisfação de um conjunto de metas em um determinado nível de prioridade é muito mais importante do que a satisfação do conjunto de metas em um nível de prioridade menor. Assim, uma técnica que aproxime o tomador de decisão de suas metas é interessante. Esses modelos são mais próximos da realidade em suas suposições e metodologias do que outras técnicas de decisão multicritério e tem certa consistência com o sistema humano de processamento de informação. Uma de suas fraquezas é que o tomador de decisão tem que especificar suas metas e suas importâncias relativas *a priori*.

e) Modelos de programação dinâmica. A alta administração não discute tecnicamente os projetos ao nível da unidade de negócios, mas aloca os recursos por linhas de produtos. Essa alocação de recursos pode variar em função da lucratividade. A programação dinâmica pode lidar com isso – ela pode ser usada para encontrar os caminhos ótimos de ações para um conjunto de decisões sequenciais. Lida com situação onde uma decisão tomada em um estágio de um programa tem efeito sobre o ambiente tal como a probabilidade de sucesso técnico.

f) Modelos de programação estocástica. Em modelos de programação estocástica, pelo menos um *input* é incerto e sujeito à variação. Poucos modelos relacionados a P,D&I foram publicados.

### **2.3.3 Abordagens de emulação cognitiva**

Procuram estabelecer um modelo do processo real de tomada de decisão dentro de uma organização. Baseiam-se em experiência anterior, em circunstâncias comparáveis onde o desenho de conclusões a partir dos dados disponíveis parece legítimo. Mas essas condições somente são encontradas em decisões do nível tático. Para situações não repetidas em P,D&I a relevância de experiência prévia para antecipação de eventos futuros deve ser verificada cuidadosamente. Essas abordagens podem ser divididas em: abordagens estatísticas, sistemas especialistas, análise do processo de decisão.

a) Abordagens estatísticas. Métodos estatísticos explícitos devem encontrar aquelas variáveis que influenciam no desempenho do projeto em programas de P,D&I. Os fatores de influência podem ser quantitativos ou qualitativos. Em particular são encontrados modelos que aplicam análise discriminante, regressão e análise de *cluster*<sup>12</sup>.

b) Sistemas especialistas. São programas de computador que tentam emular o processo de inferência usado por especialistas humanos. É razoável esperar que um sistema especialista possa ser desenvolvido para emular o processo de decisão de um gerente de P,D&I na análise de projetos em um certo grau.

c) Análise do processo de decisão. Modelos de processo de decisão refletem uma organização hierárquica com múltiplas unidades ou grupos envolvidos em um processo de seleção de P,D&I. O objetivo desses modelos é obter conhecimento em políticas gerenciais gerais mais do que proporcionar respostas a problemas de seleção específicos. É uma mudança fundamental do foco de eventos de decisão para processos de decisão.

d) Técnicas de decisão em grupo. Coletam e combinam sistematicamente conhecimentos e julgamentos de especialistas em seus respectivos campos. Essa abordagem é considerada apropriada para operações práticas, no mínimo, como uma ferramenta de *screening* para obtenção de dados que sejam necessários para modelos mais complexos. Uma técnica de decisão em grupo amplamente utilizada é a técnica Delphi.

### 2.3.4 Modelos de simulação e heurísticos

Nessa categoria se incluem os modelos probabilísticos que incorporam os elementos de risco e incerteza, tais como Simulação de Monte Carlo (criação de múltiplos cenários) e árvore de decisão. A Simulação de Monte Carlo utiliza distribuição de probabilidade dos elementos estocásticos em um programa de P,D&I para calcular a distribuição de probabilidade geral de valores objetivos e meios gastos. Por sua vez, a árvore de decisão é uma das principais ferramentas da teoria da decisão, representando e analisando uma série de investimentos de P,D&I a serem feitos ao longo do tempo, frequentemente sob condições de incerteza. Lida com situações nas quais o tomador de decisão se depara com uma série de escolhas e possíveis resultados em função de cada escolha. As probabilidades

---

<sup>12</sup> Na análise discriminante, os fatores suspeitos de conter informação sobre uma determinada característica do projeto servem para atribuir o projeto a uma de várias categorias. Enquanto a análise discriminante almeja classificação, a análise de regressão procura encontrar relações de influência. Outra ferramenta de classificação é a análise de *cluster*. Ela agrupa um conjunto de objetos em subconjuntos homogêneos internamente com uma distância máxima entre subconjuntos.

dos possíveis resultados são conhecidas. Ao final da sequência alguma recompensa é gerada. O arranjo de escolhas e possíveis resultados podem ser exibidos como uma árvore de decisão. Finalmente, as modelagens heurísticas buscam a obtenção de soluções aceitáveis, não necessariamente ótimas.

### **2.3.5 Opções reais**

Mais recentemente, uma abordagem baseada na Teoria de Opções Reais tem sido sugerida como de valor considerável para a gestão. A abordagem das opções reais é a extensão de modelos de precificação de opções financeiras para a avaliação de opções reais de ativos não financeiros. A teoria de precificação de opções tornou-se importante em finanças desde a publicação de equações analíticas para a avaliação de opções sob certas condições restritivas, notadamente o modelo de Black & Scholes, em 1973 (NEWTON & PEARSON, 1994). É uma abordagem para avaliação de projetos que incorpora tanto a incerteza inerente aos negócios quanto a tomada de decisão. Mapeia a oportunidade de investimento como uma opção de compra. Precisa estabelecer variáveis que determinem as características do projeto e o valor das opções de compra.

### **2.3.6 Abordagens *ad hoc***

Modelos não estruturados e estabelecidos para propósitos específicos.

De qualquer forma, como observam Meade & Presley (2002), três temas principais estão relacionados à seleção de projetos de P,D&I e condicionam a abordagem do problema e o decorrente uso de técnicas e ferramentas de seleção. Em primeiro lugar, há a necessidade de relacionar os critérios de seleção às estratégias corporativas. Para assegurar uma tomada de decisão eficaz, o planejamento e a estratégia de P,D&I devem ser vinculadas à estratégia corporativa. A consideração dos benefícios qualitativos e riscos dos projetos candidatos é um ponto importante a ser avaliado. Frequentemente a seleção é feita baseando-se somente em critérios financeiros (VPL, TIR). Apesar de serem critérios importantes, outros critérios menos quantificáveis devem ser considerados para uma administração estratégica (participação de mercado, imagem corporativa, etc.). Os projetos de P,D&I são, em geral, de

longo prazo de maturação, envolvendo atividades de longa duração, com resultados incertos, são intensivos em custos e em muitos casos demandam uma gestão de projeto especial. Ainda, os projetos de P,D&I são multidimensionais por natureza e tem decisões e resultados arriscados e, portanto, devem considerar medidas multidimensionais e estratégicas. Por fim, a necessidade de reconciliar e integrar as necessidades e desejos dos diferentes *stakeholders*.

Martinsuo (2013) chama a atenção para a limitação da abordagem da gestão de portfolio de projetos como um processo de decisão racional. Para responder a incertezas e complexidades no ambiente de negócios, a gestão de portfolio de projetos deve ser realizada como um processo de negociação e barganha e como reconfiguração estrutural, além de um processo de decisão racional. Assim, observa-se que há uma predominância de métodos quantitativos derivados de teorias de finanças e de pesquisa operacional que apresentam a decisão de seleção como um processo racional, baseado em evidências e rigorosa comparação de indicadores. Em resposta, métodos probabilísticos mais sofisticados têm sido desenvolvidos, dentre eles a teoria de opções reais. Embora os métodos de opções reais possam ajudar a obter um risco mais realista baseados em cálculos de recompensa, eles não são amigáveis e são mais relevantes como objeto de pesquisa acadêmica, apontam Kester *et al.* (2011). Embora se identifiquem algumas soluções dinâmicas para gestão de carteiras, a pesquisa empírica ainda não proporciona o desenvolvimento e a adoção de soluções viáveis em que se considera a prática e o contexto no qual ocorre a gestão (MARTINSUO, 2013).

Identificadas as principais abordagens para priorização e seleção de projetos de P,D&I é importante, a partir de agora, explorar de que forma essas diversas alternativas são aplicadas na gestão de carteiras de projetos de inovação. Este é o propósito da próxima sessão.

#### **2.4. Uma revisão exploratória sobre os principais métodos e abordagens para seleção de projetos de P,D&I**

Inicialmente, nos anos 1970, o problema da gestão de portfolio era relativo à otimização restrita sob condições de incerteza, situação inerente à temática de pesquisa, desenvolvimento e inovação: um modelo de decisão multi-estágios, multi-projeto, cuja solução seria obtida por meio de programação matemática. Assim, técnicas como programação linear, dinâmica e inteira apoiavam o processo decisório, cujo objetivo era a maximização de alguma função objetiva sujeita a um conjunto de restrição de recursos.

Cooper *et al.* (1999) em estudo que procurou identificar que métodos de gestão de portfolio são os mais populares em uma amostra de 205 empresas, desde o setor químico até o

de materiais avançados, identificaram os pontos fortes e fracos de cada método, e quais métodos rendem o melhor desempenho. Dentre os métodos utilizados, os autores identificaram que os métodos financeiros dominam a gestão de portfólio, sendo utilizados por 77,3% das empresas como critérios de seleção, *ranking* e decisões do tipo *go/kill*. A estratégia do negócio como base para alocação de recursos foi o enfoque de 26,6% dos negócios, por meio do uso de “cestas estratégicas” (mercado, tipo de desenvolvimento, linha de produto, magnitude do projeto, área tecnológica, tipos de plataforma tecnológica, área de impulso estratégico, necessidades competitivas) como metodologia de avaliação. Por sua vez, 8,3% das empresas utilizam diagramas de bolhas ou mapas como método dominante e 18,3% fazem uso de modelos de escore (*scoring models*) para seleção de projetos. Finalmente, as listas de checagem (perguntas do tipo sim/não) são adotadas por somente 2,7% das empresas. Relativamente aos métodos utilizados pelas vinte empresas com melhor desempenho em gestão de portfólio, Cooper *et al.* (1999) identificaram que essas organizações baseiam seu processo decisório sobre portfólio de projetos menos em métodos financeiros e mais na estratégia do negócio para alocação de recursos. Os autores verificaram ainda que, as abordagens estratégicas além de proporcionar o alinhamento estratégico do negócio, geram portfólios com projetos de excelente valor, os dispêndios refletem as prioridades estratégicas do negócio, são alinhados ao estilo de gestão e tomada de decisão, são compreendidos pela alta gerência, são de fácil utilização, porém, não são utilizadas para decisões do tipo *go/kill* e não geram portfólios balanceados. Por sua vez, os métodos financeiros apresentam mais fraquezas do que forças, pois falham em definir o número certo de projetos, não geram equilíbrio no número de projetos de curto e longo prazo, alto e baixo risco, tem problemas com o cronograma, são pouco compreendidos pelos gestores, não são usados para decisões *go/kill*, sendo considerados os piores de todos os métodos. Os modelos de escore geram alinhamento estratégico, projetos de alto valor, são alinhados ao estilo de tomada de decisão, proporcionam um cronograma eficiente, geram as decisões certas e portfólios equilibrados, sendo os mais utilizados para decisões do tipo *go/kill*. Entretanto, não são de fácil utilização e também não são muito úteis para definição do número certo de projetos no portfólio. Finalmente, os diagramas de bolha geram alinhamento estratégico, decisões corretas, são fáceis de usar, geram portfólios com projetos de alto valor, entretanto não são adequados para definição do número correto de projetos. No entanto, a maioria dos negócios usa múltiplos critérios para seleção e priorização de projetos. Os de melhor desempenho usam, em média, 6,2 critérios para seleção de projetos. Como conclusão geral, os autores salientam que nenhum método tem o monopólio das melhores qualidades. Assim, nenhum método

proporciona uma solução universal, o que aponta para a necessidade de utilização de métodos híbridos ou abordagens combinadas como a solução preferida (COOPER et al, 1999).

#### **2.4.1 Métodos econômicos e financeiros**

As decisões de investimento constituem-se nas mais importantes das decisões financeiras avaliadas por uma empresa, principalmente pela sua capacidade de criação de riqueza. O objetivo básico de um investimento de capital é a seleção de ativos que proporcionem benefícios econômicos de caixa no futuro, sendo avaliados a um preço maior do que de fato custaram. Reflete um compromisso com o futuro da empresa. Uma decisão de investimento é avaliada pelo seu retorno esperado, determinado pelos fluxos de caixa futuros, decorrentes de uma saída presente de recursos (ASSAF NETO, 1997).

A decisão de investimento é, essencialmente, quanto não consumir no presente de forma a proporcionar um consumo futuro maior. Neste sentido, os administradores, que atuam como agentes para os proprietários da empresa devem decidir entre distribuir os resultados ao final do exercício social, que podem ser usados para consumo presente, ou reter estes ganhos para investimento em oportunidades produtivas que, espera-se, renderão consumo futuro. Da mesma forma, administradores de organizações sem fins lucrativos tentam maximizar a utilidade esperada dos contribuintes – aqueles indivíduos que proporcionam os fundos externos. Desse modo, o critério de decisão, que consiste em maximizar o valor presente do consumo permanente, pode ser aplicado a qualquer setor da economia (COPELAND & WESTON, 1980; ROSS *et al.*, 1995).

Esta maximização do valor presente líquido (VPL) da riqueza do proprietário ou acionista de uma empresa se apresenta como o critério fundamental da tomada de decisão econômica. Assumindo-se que as decisões intertemporais são baseadas no conhecimento do valor do dinheiro no tempo, parte-se do pressuposto de que a taxa de juros é dada como conhecida com certeza em todos os períodos de tempo, assim como todos os rendimentos futuros de decisões de investimento corrente são também conhecidos com certeza. E, finalmente, não há imperfeições no mercado de capitais. Nessa abordagem, o objetivo da organização é maximizar a riqueza de seus proprietários, o que equivale a maximizar o valor presente do consumo permanente dos proprietários e não é diferente de maximizar o preço por ação. Então, a maximização da riqueza do acionista ou proprietário é mais bem definida como

o valor descontado dos fluxos de caixa futuros esperados (COPELAND & WESTON, 1980; ROSS *et al.*, 1995; BREALEY & MYERS, 1999).

O valor presente de um fluxo futuro de caixa é o valor desse fluxo de caixa ao se considerar a taxa de juros apropriada. O valor presente líquido de um investimento é o valor presente dos fluxos de caixa daquele investimento, menos o seu custo inicial. Se o investimento apresenta um valor presente líquido positivo, significa que ele vale mais do que custa. A regra do valor presente líquido consiste em dizer que um investimento vale a pena quando possui VPL positivo. Se seu VPL for negativo, o investimento deverá ser rejeitado.

As empresas podem ser vistas como mecanismos, por meio dos quais diversos investidores podem reunir seus recursos para a tomada de decisões de larga escala. Suponha-se que um investidor detenha 1% de uma empresa e que esta empresa esteja analisando a viabilidade de determinado projeto de investimento. Se tiver VPL positivo e o projeto for aprovado, 1% desse VPL pertencerá ao investidor. A realização do projeto elevará o valor da empresa pelo VPL do projeto e o capital do investidor na empresa se valorizará na proporção de 1% do VPL do projeto. Da mesma forma, todos os demais proprietários da empresa serão beneficiados com a realização de um projeto com VPL positivo, porque os valores de suas participações também aumentarão. Obviamente, por esta linha de raciocínio, os acionistas ou proprietários se oporão à realização de projetos com VPL negativo, o que reduziria o valor de suas ações (COPELAND & WESTON, 1980).

Para o desenvolvimento de uma fórmula algébrica do valor presente líquido de um fluxo de caixa, deve-se lembrar que o valor presente (VP) de um fluxo de caixa a ser recebido daqui a um ano é:

$$VP = \frac{FC_1}{1+i}$$

sendo:

$FC_1$  o fluxo de caixa na data 1;

$i$  a taxa de juros

O VP de receber um fluxo de caixa daqui a dois anos é

$$VP = \frac{FC_2}{(1+i)^2}$$

Assim, o valor presente líquido (VPL) de um projeto de n períodos é

$$\text{VPL} = -\text{FC}_0 + \frac{\text{FC}_1}{(1+i)} + \frac{\text{FC}_2}{(1+i)^2} + \frac{\text{FC}_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{\text{FC}_n}{(1+i)^n}$$

$$\text{VPL} = -\text{FC}_0 + \sum_{j=1}^n \frac{\text{FC}_j}{(1+i)^j}$$

sendo:  $\text{FC}_0$  o investimento inicial.

Brealey & Myers (1999) observam que o cálculo do valor atual é feito pela atualização dos recebimentos futuros esperados à taxa de rentabilidade oferecida por alternativas de investimento comparáveis. Esta taxa de rentabilidade é, muitas vezes, designada por taxa de atualização, taxa mínima de rentabilidade ou custo de oportunidade do capital, pois representa a rentabilidade devida ao investimento no projeto que deixa de ser ganha por meio de uma aplicação em títulos. Num projeto de investimento, o custo de oportunidade do capital é a taxa de rentabilidade esperada, exigida pelos investidores em quaisquer títulos, com o mesmo grau de risco que o projeto. Ao atualizar o fluxo de tesouraria esperado do projeto pelo custo de oportunidade do capital, obtém-se um valor atual que é o montante que os investidores e, entre eles, os proprietários da empresa, estarão dispostos a pagar pelo projeto. Assim, sempre que empreender um projeto com um VPL positivo, ou seja, um projeto cujo valor atual exceda o montante que será necessário despendido, o administrador estará beneficiando os proprietários/investidores da empresa.

Quanto aos métodos econômicos e financeiros, Linton *et al.* (2002) destacam que, tanto medidas quantitativas quanto qualitativas têm sido propostas na literatura. A situação mais conveniente é avaliar projetos com medidas quantitativas, como as medidas financeiras (VPL, TIR, ROI, *payback*). Entretanto, o VPL não leva em consideração diferenças na possibilidade de sucesso. Métodos convencionais para avaliação de investimentos de longo prazo em P,D&I ignoram a incerteza do resultado, a escolha do momento (*timing*) de investimento e a irreversibilidade dos recursos comprometidos. Esses fatores são as características principais de P,D&I estratégica de longo prazo.

Os métodos tradicionais também usam taxas de desconto inadequadas. O projeto de P,D&I, visto ainda que de maneira simplista como um modelo linear, seus vários estágios geram informações científicas e tecnológicas para os seguintes. Nesse sentido, existe um valor

para as opções tecnológicas, ou seja, o valor da oportunidade (opção) aberta por um investimento inicial, anterior em um projeto de P,D&I, para investir subsequentemente em novas áreas tecnológicas. Esses métodos tradicionais, baseados nas estimativas de fluxos de caixa futuros e não captam o valor total de uma oportunidade de investimento, frequentemente penalizando investimentos com fluxos esperados a longo prazo, abstraindo benefícios estratégicos intangíveis associados ao projeto.

Quanto ao uso inapropriado das taxas de desconto, ela mistura fatores de desconto quanto ao tempo com ajuste de risco, criando a falsa impressão que o risco do projeto segue um fluxo de tempo sem padrão previsível e não considera o fato de que o produto de P,D&I é, frequentemente, melhor informação que reduzirá a incerteza e risco ao longo do tempo. Desse modo, os métodos econômicos e financeiros tradicionais ignoram duas características importantes da decisão em P,D&I, quais sejam: a) a irreversibilidade do investimento, de modo que o investidor não consegue recuperá-lo totalmente em caso de arrependimento; e b) a possibilidade de adiamento da decisão de investir. Ainda, os métodos econômicos e financeiros, apesar da facilidade de aplicação, exigem dados que podem não estar disponíveis, como no caso da pesquisa básica (VONORTAS & HERTZFELD, 1998; VONORTAS & DESAI, 2007).

Nesse sentido, o uso do método de precificação de opções tem sido advogado para avaliação de investimentos futuros em P,D&I, no qual uma estrutura analítica de opções reais permite alocar uma valoração (*valuation*) na flexibilidade e características estratégicas de investimentos de longo prazo. O apelo intuitivo é de que o VPL sistematicamente subvaloriza projetos com benefícios potenciais muito altos, mas com probabilidade de sucesso muito incerta. Há a oportunidade de abandonar os projetos após um investimento inicial modesto se a pesquisa revela que o sucesso é improvável (BEAUJON *et al.*, 2001).

#### **2.4.2 Opções reais**

Projetos de investimento de capital, avaliação de propriedade intelectual, avaliação de terras, de fontes de recursos naturais e avaliação de projetos de pesquisa e desenvolvimento são exemplos de ativos reais que podem ser avaliados usando a Teoria de Opções Reais (TOR). As decisões com as quais os administradores frequentemente se deparam são: qual o momento certo de investir, de abandonar ou parar temporariamente um projeto, de modificar as características operacionais do projeto ou ainda trocar um ativo por

outro. Dessa forma, um projeto de investimento de capital pode ser considerado como um conjunto de opções reais sobre um ativo real, o projeto de P,D&I (SANTOS & PAMPLONA, 2002; PANAYI & TRIGEORGIS, 1998).

A abordagem de opções para avaliação de projetos procura corrigir as deficiências dos métodos tradicionais de avaliação através do reconhecimento de que a flexibilidade gerencial possa trazer valor significativo aos projetos. Frequentemente, a informação necessária para a avaliação é realmente revelada gradualmente durante o projeto. No início da oportunidade de desenvolvimento não há estimativas disponíveis de fluxos de caixa futuros, que justificariam ou invalidariam a avaliação de um projeto de P,D&I (CARLSSON *et al.*, 2007). Reconhecendo explicitamente a “escolha de investir”, a abordagem de opções reais pode reforçar a habilidade dos tomadores de decisão em justificar investimentos de P,D&I de longo prazo, feitos pelo setor público, dado que envolve decisões sobre atividades futuras com riscos desconhecidos. Isso porque avaliar riscos e atribuir taxas de desconto apropriadas para investimentos do governo é tarefa mais complexa do que para investimentos do setor privado. Enquanto uma firma geralmente utiliza o custo médio ponderado de capital, calcular um valor para uma taxa de desconto social é muito mais difícil, dado que os retornos dos investimentos públicos incluem benefícios sociais que são frequentemente intangíveis e não mensuráveis por meio do sistema de preços, especialmente para a P,D&I.

Os modelos tradicionais assumem que o projeto tem somente um resultado/produto e que caminhos alternativos não são permitidos, ignorando, ainda, uma importante característica de investimentos de P,D&I, qual seja a de que um projeto estratégico de P,D&I, de longo prazo, cria oportunidades (proporciona uma opção) para investimentos subsequentes em uma área tecnológica potencialmente lucrativa. Tais oportunidades não estariam disponíveis se o investimento anterior não fosse feito. Portanto, há um valor significativo na criação potencial de tais oportunidades. Qualquer metodologia para alocação de recursos deve considerar as especificidades de um investimento em projetos de P,D&I, quais sejam o *timing*, a incerteza e a irreversibilidade.

O pré-requisito para entender o valor de escolhas futuras é perceber a pesquisa como um processo envolvendo estágios sucessivos. Cada estágio tem alguma contribuição para o próximo não somente em termos de geração do conhecimento técnico necessário, mas também em termos da redução da incerteza envolvida (VONORTAS & HERTZFELD, 1998; ADNER & LEVINTHAL, 2004). Um projeto de P,D&I de longo prazo é um tipo único, singular, específico, de investimento onde cada estágio do investimento rende informação que reduz a incerteza sobre o valor total do projeto concluído.

A gestão de P,D&I tem várias características comuns com a gestão estratégica e, da mesma forma, deve definir objetivos para as operações de P,D&I (CARLSSON *et al.*, 2007). Incorporando na valoração tanto as incertezas (de mercado e tecnológicas) e a tomada de decisão ativa, a abordagem de opções reais proporciona uma visão estratégica no processo de tomada de decisão. De qualquer forma, essa abordagem para avaliação de investimentos de P,D&I, não pode e não deve ser vista isoladamente das ferramentas tradicionais de avaliação de ciência e tecnologia utilizadas pelas agências governamentais.

Um estudo exploratório foi realizado por Vonortas & Desai (2007) no *Office of Science do US Department of Energy (DOE)* para avaliar a aplicabilidade da metodologia analítica de opções reais para apoiar a análise de portfólio de investimento em processos de priorização sistemática voltados a projetos de pesquisa altamente incertos, de longo prazo. Foi feita uma revisão de literatura para determinar a melhor abordagem de modelagem. As opções foram amplamente classificadas de acordo com o momento da tomada de decisão, a solução obtida e as incertezas consideradas. O modelo de avaliação de opção binomial utilizado apresentou as seguintes vantagens: pode ser utilizado para avaliar qualquer tipo de opção real; mantém alguma característica da avaliação de fluxo de caixa descontado; e as incertezas e as consequências de decisões contingentes são facilmente demonstráveis (VONORTAS & DESAI, 2007).

Kemna (1993) sugere que as principais contribuições da Teoria de Opções Reais (TOR) são auxiliar a administração a estruturar a oportunidade de investimento pela definição das diferentes alternativas de investimentos com suas incertezas subjacentes e opções inseridas e, ainda, trabalhar com a flexibilidade de um projeto mais facilmente do que o tradicional fluxo de caixa descontado. Para Trigeorgis (1993), avaliações baseadas em opções reais podem ser úteis porque proporcionam à administração uma abordagem consistente e unificada na direção da incorporação de valor das opções financeiras e reais associadas ao investimento e à decisão financeira da empresa. A utilização das técnicas tradicionais não tem sido suficiente para prover uma avaliação que esteja de acordo com o novo cenário das decisões.

A avaliação de um projeto de P,D&I pela TOR o considera como uma opção que pode ser exercida, ou não, no futuro, dependendo das condições. Em um projeto de P,D&I, ele é visto como uma opção para a qual foi pago um certo prêmio (o investimento em pesquisa) numa fase inicial. Caso seja promissor ao final dessa fase (data de vencimento), o projeto será exercido pagando-se o valor do investimento em ativos para produção que será compensado

pelo valor presente do fluxo de retornos gerados pela comercialização dos produtos ou serviços resultantes da pesquisa.

Com base nessa analogia, segundo Herath e Park (1999), um investimento em P,D&I pode ser visto como um custo de uma opção real na qual o projeto comercial prossegue somente se houver sucesso na fase de P,D&I. Mais especificamente, o custo de investimento em comercialização no novo projeto pode ser visto como o preço de exercício e o valor presente do fluxo de caixa futuro, proveniente da comercialização, podem ser vistos como o valor do ativo subjacente. Desse modo, a data de introdução do novo produto no mercado corresponde à data de exercício. Enquanto se assume que a decisão de comercialização provavelmente ocorra numa data específica, o tomador da decisão poderia considerar a opção de adiar a decisão de comercialização. Assim, a opção de esperar em tal instância tem valor enquanto a opção de comercialização não é exercida. Desse modo, essas características (a irreversibilidade do investimento e a possibilidade de adiamento da decisão de investir), juntamente com a incerteza sobre o futuro, fazem com que a oportunidade de investimento seja análoga a uma opção financeira.

O método das opções reais é frequentemente referido como o método que poderia revolucionar a análise de investimentos e P,D&I e gestão da inovação podem ser áreas potenciais para a aplicação da abordagem. Pesquisa e desenvolvimento de novos produtos ou tecnologias podem resultar em fluxos de caixa remotos, contingentes e incertos ou em uma ampla gama de aplicações em algum estágio futuro, mas que pode ter também alta probabilidade de fracasso.

Um investimento em P,D&I é o caso de uma opção real composta, levando ao exercício de oportunidades de investimento seguintes em estágios subsequentes. Tais opções reais compostas ou multi-estágio são de importância estratégica para as empresas e não podem ser vistas simplesmente como investimentos independentes, mas, ao invés disso, como elos em uma corrente de projetos inter-relacionados, ou seja, um portfólio (PERLITZ *et al.*, 1999). A lógica subjacente ao quadro de opções reais é baseada na percepção de que oportunidades de investimentos futuros são contingentes sobre os compromissos de investimento anteriores (ADNER & LEVINTHAL, 2004).

Entretanto, apesar da aparente aderência ao processo de tomada de decisão em seleção de projetos de P,D&I, sua utilização tem sido mais acadêmica do que organizacional. Ainda, a presença de múltiplos critérios e atores no processo decisório adiciona complexidade à questão. Há a necessidade permanente de considerar critérios de natureza objetiva e

subjetiva na priorização e um método como o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) pode ser considerado para aplicação em situações dessa natureza.

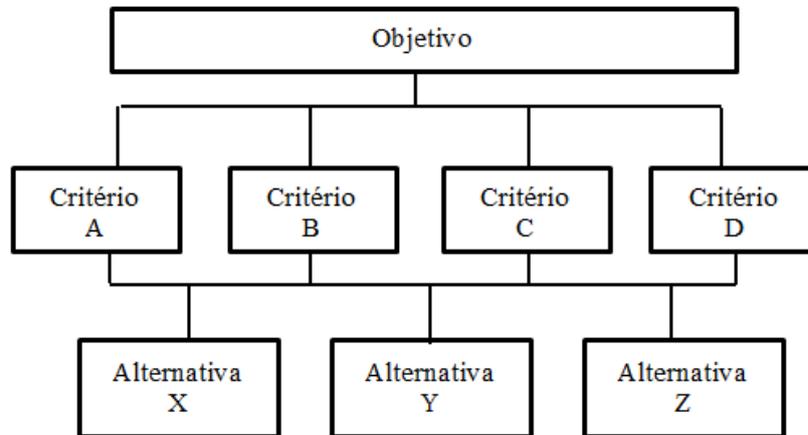
### **2.4.3 Analytic Hierarchy Process (AHP) e Analytic Network Process (ANP)**

O método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para estruturação e análise de decisão foi introduzido por Thomas Saaty na década de 1970. O AHP permite que um conjunto de questões complexas que tenha impacto sobre um objetivo geral seja comparado com a importância de cada questão relativa a seu impacto na solução do problema. Desse modo, é um modelo compreensível que é desenhado para lidar com o intuitivo, racional e irracional no processo de tomada de decisões multiobjetivo, multicritério e multiatores para qualquer número de alternativas. O pressuposto básico é de que os tomadores de decisão estão aptos a estruturar um problema complexo na forma de uma hierarquia, onde cada fator e alternativa pode ser identificado e avaliado com respeito a outros fatores relacionados.

Uma decisão de investimento não deve ser baseada somente nas percepções da gestão da organização, porque há outros grupos participantes do processo, com suas próprias metas e interesses relacionados a determinados projetos. A força da abordagem AHP é sua capacidade de considerar tanto os critérios objetivos, como por exemplo, a utilização de recursos financeiros e humanos, quanto os critérios subjetivos, como a reação da sociedade aos impactos ambientais causados por determinado projeto, por exemplo. Assim, para o uso do AHP, deve ser desenvolvido um diálogo entre os grupos interessados, o que pode proporcionar a obtenção de uma variedade de informações estratégicas e táticas e assegurar a consideração de diversos pontos de vista quanto possível.

O AHP proporciona uma estrutura organizada para sistematicamente ranquear projetos relativamente às suas viabilidades simultaneamente com uma variedade de dimensões (ALIDI, 1996). O método AHP provê o tomador de decisão com os meios para lidar com decisões complexas envolvendo muitos atributos de diferentes graus de subjetividade (SAATY, 2012). Assim, o método estrutura um problema complexo em uma hierarquia onde os critérios e os fatores relevantes são decompostos correspondendo ao julgamento do tomador de decisão em relação ao problema, conforme demonstra a figura 2.2.

**Figura 2.2** Hierarquia de decisão segundo o AHP



**Fonte:** adaptado de Saaty (2012)

A avaliação de projetos de P,D&I é frequentemente baseada em valores de diversos critérios e atributos. Tais avaliações são complexas em função da ausência de uma forma natural ou óbvia de atribuir pesos e ponderar a importância de dimensões individuais de desempenho. Desse modo, o processo de avaliação pode lidar com problemas tais como a falta de unidades de medida objetivas em fatores de avaliação, a necessidade de satisfazer, de atender múltiplas dimensões e as necessidades conflitantes dos *stakeholders*.

Nesse sentido, o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) pode ser uma base para a obtenção de prioridades e avaliação de desempenho relativa em projetos de P,D&I (SHIN *et al.*; 2007). Em trabalho em que analisam a prática de avaliação de projetos de P,D&I nucleares da Coreia, esses autores estabelecem um *framework* básico para avaliação utilizando o AHP. O problema de avaliação de projeto é um problema de identificação, ponderação (*weighting*), interação e avaliação. A avaliação deve, inicialmente, identificar todos os atributos percebidos como relevantes na avaliação dos projetos. O método tem apresentado importantes vantagens em lidar com o problema de avaliação de projetos de P,D&I, quais sejam:

- a) habilidade para comparar e ranquear alternativas de decisão baseadas tanto e fatores quantitativos quanto qualitativos;
- b) habilita os avaliadores a empreender comparações estratégicas através de uma ampla gama de atributos e objetivos;
- c) pode extrair informação a partir de painéis de avaliação, ou mesmo de um indivíduo, para proporcionar conhecimento em diferentes visões sobre questões relevantes.

O método AHP inicia com a identificação dos fatores de avaliação pertinentes. Esses fatores são então estruturados em uma hierarquia partindo de um objetivo geral aos vários critérios e sub-critérios em níveis sucessivos. No trabalho de Shin *et al.* (2007), o conjunto de objetivos e critérios foi definido a partir de revisão de literatura sobre P,D&I, *policy* e avaliação de programas de pesquisa e depois revisada por especialistas. Cada critério principal é desintegrado em sub-níveis. Essa hierarquia particular não é simétrica dado que qualquer critério pode ser dividido em sub-critérios. Após desenvolver a hierarquia de avaliação de desempenho, os avaliadores devem determinar os pesos relativos das prioridades de avaliação. Os pesos das prioridades de cada critério de avaliação são computados usando uma comparação par a par entre cada fator em um nível particular. Os pesos relativos expressam sua importância na contribuição à prioridade competitiva correspondente. O software *AHP ExpertChoice* foi usado para obter os resultados para as comparações par a par. Em qualquer aplicação padrão de AHP, cada objeto de avaliação deve ser comparado a cada outro objeto sendo avaliado. Assim, o número total de comparações é  $T = \frac{n(n-1)}{2}$ , onde T é o número total de comparações e n é o número de entidades. Os projetos são avaliados em termos de sua contribuição estimada a cada critério e a prioridade de avaliação geral é calculada pela multiplicação de suas prioridades por critérios com os pesos correspondentes (RENGARAJAN e JAGANNATHAN, 1997).

A vantagem do AHP é que ele tem a habilidade de suportar variáveis de avaliação multicritérios e qualitativas envolvidas no processo de avaliação. A questão de quanto peso específico atribuir a cada critério é sempre problemática. Os avaliadores devem focar nos critérios e suas prioridades relativas no processo de avaliação. Ainda, o AHP pode lidar com múltiplos atributos de desempenho de um projeto de P,D&I. A aplicação do método à avaliação vai além do estabelecimento de um ranking entre projetos diferentes ajudando a promover a comunicação entre os avaliadores sobre as prioridades e medidas dos resultados

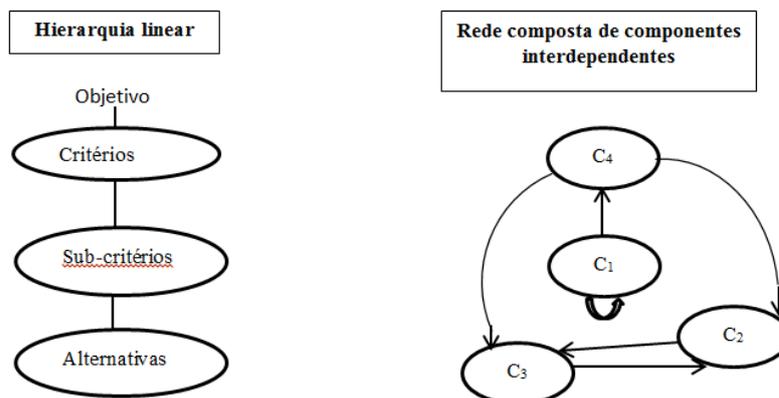
da pesquisa pela tradução dos julgamentos subjetivos dos avaliadores em termos quantitativos. O método pode capturar mais facilmente os valores não-econômicos ou benefícios, os quais não podem ser medidos diretamente de um projeto de P,D&I e os profissionais de pesquisa podem focar nas tarefas que ajudam a alcançar os resultados desejados dos projetos. Os fundamentos matemáticos do AHP são relativamente claros e sucintos e *softwares* estão disponíveis. Desse modo, o método permite entender a estratégia geral do projeto de pesquisa e padronizar o processo de avaliação, evitando julgamentos implícitos e subjetivos. Os resultados são considerados transparentes, o que facilita o entendimento.

Smith-Perera *et al.* (2010) apresentam um modelo baseado nos objetivos estratégicos da organização e métodos de decisão multicritérios. O método foi aplicado em uma grande companhia elétrica da Venezuela para ajudar na distribuição de recursos para ações de melhoria. Foi proposto um *Project Strategic Index* (PSI) com uma abordagem que combina *Analytic Network Process* (ANP) com a informação obtida dos especialistas durante o processo de tomada de decisão. Técnicas multicritério são apropriadas para modelar a realidade na tomada de decisão de alocação de recursos e funcionam bem sob o pressuposto da independência dos critérios, porém, isso não é sempre real, não quanto à seleção de portfolio de projetos onde múltiplas dimensões de informação relacionadas tem que ser consideradas na análise. Assim, o uso desses métodos pode gerar viés e levar a avaliações não ótimas. Por sua vez, o ANP leva em consideração a interdependência entre critérios e evita, de certa forma, o problema da compensação.

Também proposto por Saaty, o ANP proporciona um *framework* para lidar com tomada de decisão e problemas de avaliação. Similar ao AHP, o ANP é baseado na derivação de medidas *ratio-scale* para serem usadas para alocar recursos de acordo com suas prioridades, enquanto avaliações, por sua vez, proporcionam considerações baseadas em *trade-offs*. Modelos AHP assumem uma relação de cima para baixo (*top-down*) entre níveis de decisão, o que significa que viés pode ocorrer quando critérios e subcritérios são correlacionados entre si. Por sua vez, o ANP não exige essa estrutura estritamente hierárquica e permite inter-relações mais complexas entre níveis de decisão, generalizando o processo de modelagem do problema usando uma rede de critérios e alternativas (todas chamadas elementos), agrupadas em *clusters*. Todos os elementos na rede podem ser relacionados em qualquer forma possível, isto é, uma rede pode incorporar *feedback* e relações de interdependência dentro e entre *clusters*. Isso proporciona uma modelagem acurada de configurações complexas e permite manusear a situação usual de interdependência entre

elementos em cenários de avaliação de projetos. A tarefa complexa de representar o problema de avaliação como uma rede de elementos interdependentes distribuídos em *clusters* pode ser abordada da seguinte forma: i) identificar os elementos (alternativas e critérios); ii) agrupá-los em *clusters*; iii) determinar as influências entre si. Desse modo, o ANP<sup>13</sup> é um método adequado para seleção de portfolio permitindo a obtenção de um índice para cada alternativa que agrega informação diferente relacionada a indicadores estratégicos chave. A figura 2.3 compara uma hierarquia linear com uma rede de retroalimentação (*feedback network*), conforme considerada pelo ANP.

**Figura 2.3** Comparação entre uma hierarquia linear (AHP) e uma rede de *feedback* (ANP)



**Fonte:** adaptado de Saaty (2012)

Meade & Presley (2002) observam que, enquanto existem muitas abordagens de tomada de decisão matemáticas para o problema de seleção, a literatura indica que poucos são efetivamente utilizados. As maiores críticas a essas abordagens incluem sua inabilidade para considerar os fatores estratégicos e sua complexidade matemática. Os autores discutem a aplicação do *Analytic Network Process* (ANP), uma abordagem multiatributo para a tomada de decisão que permite a transformação de valores qualitativos em valores quantitativos e a realização de uma análise sobre eles. ANP é uma abordagem relativamente simples, intuitiva

<sup>13</sup> Para uma fundamentação teórica do modelo ANP, ver:

SAATY T.L. *The Analytic Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation*. Pittsburgh: RWS Publications; 1996.

SAATY T.L. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill; 1980

SAATY T.L. *Decision making with independence and feedback: the Analytic Network Process*. Pittsburgh: RWS Publications; 2001

que pode ser aceita por gestores e outros tomadores de decisão. O modelo é capaz de considerar múltiplas dimensões de informação em análise, uma característica poderosa e necessária para qualquer avaliação estratégica. Um estudo de caso usando dados de aplicação do modelo em uma pequena empresa de alta tecnologia é apresentado e ajudou a verificar que o ANP é uma ferramenta de tomada de decisão eficaz e eficiente.

Enquanto a aplicação do ANP a situações de P,D&I é relativamente nova, muitos trabalhos têm discutido o uso bem sucedido do AHP no ambiente de P,D&I (MEADE & PRESLEY, 2002). Liberatore (1987) usou AHP em conjunção com análise custo-benefício e programação inteira para seleção de projetos e alocação de recursos e concluiu que o AHP é uma abordagem promissora para seleção de projetos de P,D&I. Lockett *et al.* (1986) aplicaram AHP na seleção de um portfolio de pesquisa na indústria farmacêutica. Alidi (1996) discute o uso do AHP como uma abordagem de decisão incorporando aspectos quantitativos e qualitativos para medir a viabilidade inicial de projetos industriais. Entretanto, o uso do AHP significa que os modelos ainda sentem falta do fato de que não consideram interações importantes entre os níveis de tomada de decisão. Nesse sentido, o ANP pretende corrigir esse problema, com a consideração explícita das interações no processo de tomada de decisão, enquanto mantém as vantagens apontadas do AHP. Para o estudo de caso apresentado por Meade & Presley (2002) foram consideradas medidas de natureza técnica, ou seja, fatores relacionados ao projeto em si e à tecnologia sendo investigada: probabilidade de sucesso técnico; existência de projetos campeões; existência da competência necessária; disponibilidade de recursos; aplicação a outros produtos e processos. Também foram consideradas as medidas relacionadas ao mercado, como fatores relacionados ao sucesso da tecnologia relacionado ao mercado tais como; probabilidade de sucesso do produto no mercado; tamanho potencial do mercado; ciclo de vida do produto; número e força dos concorrentes; valor presente líquido. Adicionalmente, foram consideradas medidas de natureza organizacional, incluindo fatores políticos e culturais internos e externos que podem influenciar a decisão: alinhamento estratégico; regulações externas; segurança do local de trabalho; considerações ambientais. Também devem ser considerados os atores, os grupos ou indivíduos que participam da decisão ou que serão afetados por ela. Nesse sentido, o objetivo do trabalho de Meade & Presley (2002) era apresentar um método para seleção de P&D que permitisse a consideração de importantes interações entre os níveis de decisão e critérios e, dessa forma, um modelo foi desenvolvido a partir da literatura e adaptado para uma pequena firma de alta tecnologia. A ferramenta de decisão estratégica ajudou a empresa na questão de P,D&I entre o *upgrade* de um sistema atual ou o investimento no desenvolvimento de um

novo sistema. Os autores destacam que a habilidade de adaptação de um modelo básico, seja do AHP ou do ANP, a uma situação particular, respeitadas as especificidades que podem ser facilmente incorporadas no modelo, constitui uma vantagem significativa desses métodos. Por outro lado, uma das limitações é a dependência do tomador de decisão, pois os pesos obtidos são sempre baseados na opinião subjetiva desse ator.

Ainda que o método AHP tenha a capacidade de incorporar na análise critérios objetivos e subjetivos, algumas abordagens consideram metas otimizadoras para a composição de carteiras de projetos. Em outras palavras, a literatura identifica alguns autores que advogam a utilização de uma função de maximização sujeita à restrições como método de seleção de projetos de P,D&I, como será discutido no próximo item.

#### 2.4.4 Programação matemática

A abordagem tradicional para seleção de P,D&I é, inicialmente, selecionar um conjunto de projetos que satisfaça metas econômicas e restrição de recursos, e tentar programar (*schedule*) esse conjunto de projetos à disponibilidade de recursos materiais, humanos e de infraestrutura. Quando resulta um conflito e não é possível programar esses projetos dentro do prazo exigido, os projetos podem ser anulados, outros projetos alternativos podem ser considerados, os recursos podem ser aumentados, metas reduzidas ou o cronograma inicial pode ser relaxado. Nenhuma dessas opções representa uma abordagem de solução estruturada ou lógica que proporcione uma melhor solução, ou mesmo uma boa solução para seleção de projetos de P,D&I. Uma das razões é que para grandes problemas, muitos projetos e projetos grandes, o tempo exigido para obter uma solução ótima é excessivo.

Uma alternativa proposta por Coffin & Taylor (1996a) é usar lógica *fuzzy*<sup>14</sup>, de forma que metas incomensuráveis, como *scheduling*, possam ser incorporadas em uma tomada de decisão multicritério. Os autores apresentam um modelo que inclui lógica *fuzzy* em

---

<sup>14</sup> A lógica *fuzzy* é um ramo da matemática que incorpora a incerteza nas variáveis de decisão. Na matemática tradicional, as variáveis têm valores exatos (*crisp values*) associados a elas. Na lógica *fuzzy*, as variáveis não têm valores precisos, mas ao invés disso, associam uma variável com um grau de filiação em um conjunto de valores. Modelos *fuzzy* podem capturar a situação na qual o tomador de decisão não necessariamente procura maximizar uma função objetivo, mas está satisfeito se superar um determinado nível. A própria natureza da P,D&I e do ambiente no qual ela é conduzida virtualmente impossibilita respostas exatas. Por exemplo, a possibilidade técnica de sucesso de uma tecnologia pode ser considerada como pobre, imprevisível, boa ou alta.

uma abordagem *beam search*<sup>15</sup> para selecionar e programar projetos de P,D&I. O modelo apresentado combina os objetivos do problema de seleção de projetos de P,D&I em uma função objetivo única, usando lógica *fuzzy*. Isso simplifica o processo permitindo que todos os objetivos sejam considerados concorrentemente. Projetos de P,D&I consistem de atividades individuais que devem ser programadas (*scheduled*) através de um conjunto de instalações (*facilities*) de P,D&I em uma sequência apropriada. As restrições no problema de seleção de P,D&I geralmente incluem orçamento, número de pesquisadores, recursos materiais, outros recursos humanos, recursos computacionais e equipamentos.

No trabalho de Coffin & Taylor (1996a), uma função objetivo geral é criada pela soma dos graus individuais de filiação para um portfolio de projetos para os vários objetivos. Tentando maximizar essa função objetivo geral, um portfolio de P,D&I pode ser selecionado de forma a atender os objetivos do problema. Como resultado, usar a lógica *fuzzy* para criar uma única função objetivo permite a utilização de um algoritmo padrão *beam search* para a seleção de um portfolio de P,D&I de um conjunto de projetos elegíveis. O espaço de solução para problemas de seleção de projetos de P,D&I pode ser visualizado como uma árvore de decisão. A *beam search* explora os “poucos melhores” caminhos através da árvore e faz isso avaliando os nodos em cada nível de acordo com uma função de avaliação que captura as metas do problema e mantém aqueles de “melhor desempenho” de acordo com a função de avaliação. Um modelo “*fuzzy beam search*” é demonstrado por meio de um exemplo de 20 projetos para seleção usando três metas principais: maximização do lucro esperado do portfolio, maximização da probabilidade média de sucesso do portfolio e minimização do intervalo de tempo entre o início e o fim de uma sequência de atividades ou tarefas no portfolio. O estudo mostrou que o modelo é capaz de gerar soluções de alta qualidade (COFFIN & TAYLOR, 1996a).

Huang *et al.* (2008) integram pesquisas anteriores e utilizam uma abordagem teórica, baseada em uma versão *fuzzy* do AHP (*fuzzy AHP*). Os autores destacam que, ao contrário de seleção de projetos em firmas privadas, o problema para projetos de P,D&I de governo é menos discutido na literatura. Assim, é crucial estabelecer um sistema apropriado para identificar critérios e encontrar a importância relativa dos critérios para selecionar projetos de P,D&I com financiamento governamental. A seleção de projetos de P,D&I envolve múltiplos critérios inter-relacionados, recursos e fatores qualitativos e incertos que são difíceis de medir. O uso de números *fuzzy* e termos linguísticos é mais adequado dado que

---

<sup>15</sup> *Beam search* é um procedimento de enumeração implícito derivado da pesquisa em inteligência artificial (IA) que usa restrições de problemas e uma única função objetivo para gerar soluções ótimas ou quase ótimas.

o AHP tradicional é de alguma forma arbitrário. O AHP utiliza números exatos (de 1 a 9), porém, a tomada de decisão envolve alguma incerteza e o AHP tradicional não leva em consideração a incerteza associada com o mapeamento da percepção ou julgamento de alguém a um número. A contribuição do estudo é estender a aplicação do *fuzzy* AHP para seleção de projetos de P,D&I no setor público. Os autores consideram que a abordagem *fuzzy* AHP apresenta algumas vantagens, como segue: ajuda o tomador de decisão a decompor os problemas de decisão para formar uma estrutura de decisão hierárquica; ajuda a formular a “imprecisão de julgamento” para seleção de projetos financiados pelo governo; o processo de simulação ajuda a entender como o julgamento especialista muda em função do risco pela incorporação do grau de otimismo e, por último, ajuda a resolver a disparidade entre especialistas.

Bin *et al.* (2015) propõem um modelo para seleção de projetos de P,D&I sob incerteza e restrições do mundo real, aplicável ao setor elétrico brasileiro, usando uma combinação de formulação de programação inteira e um método PROMETHEE. O modelo proposto considerou uma abordagem em duas fases que inicia com a solução do problema da mochila (*knapsack problem*) por meio de uma formulação de programação inteira, incorporando diferentes tipos de restrição, e então avalia os projetos com uma base multicritério, usando o método *outranking* PROMETHEE. De forma geral, o modelo proposto busca, inicialmente, a melhor combinação de propostas de projetos a serem escolhidas e então tenta ordenar os melhores projetos individualmente, de acordo com as diferentes restrições consideradas. Esse modelo é então chamado abordagem *knapsack-outranking*. As informações de input para o modelo compreendem: a lista dos projetos candidatos, o conjunto de critérios estratégicos e operacionais que serão empregados para avaliar os projetos, as atribuições de valor para cada critério em cada projeto, o conjunto de pesos dos critérios que especificam a importância de cada critério no processo de tomada de decisão, o conjunto de critérios de restrição de acordo com as restrições estratégicas e operacionais da organização. Assim, a associação de um método multicritério com a programação matemática indicou uma abordagem interessante no sentido de considerar simultaneamente múltiplos critérios estratégicos e operacionais e restrições de recursos. O principal resultado do artigo é a obtenção de melhor desempenho pelo modelo *knapsack-outranking* em lidar com as restrições regulatórias do setor elétrico brasileiro, dado que o consumo dos recursos é sempre melhor nessa abordagem. Os autores destacam ainda, que métodos que usam utilidade como uma função objetivo tendem a selecionar projetos de baixo custo, não garantindo a seleção de projetos estratégicos, mas é uma garantia de melhor preenchimento da mochila.

Especificamente, os métodos *outranking* representam os métodos multicritério mais eficazes, como observam Biggiero & Laise (2003). Isso porque, segundo esses autores, eles não apresentam as desvantagens dos métodos tradicionais e são tão racionais quanto a lógica da escolha econômica. Um desses métodos é o ELECTRE (*ELimination Et Choix Traduisant la REalité*), desenvolvido por Bernard Roy em 1978 e está inserido na chamada tradição francesa de métodos multicritério de apoio à decisão. Segundo Zackiewicz (2005), essa escola se destaca pela sofisticação dos algoritmos e pela premissa de ajustá-los às sutilezas dos processos de decisão em situações reais. Continua o autor, comparando com os métodos de otimização linear, esses métodos mostram-se mais flexíveis e abertos à ação do usuário, com o inconveniente de não serem facilmente comunicáveis devido à grande quantidade de parâmetros e passos em seus algoritmos. Nesse contexto, o método é indicado para problemas de hierarquização: definições de prioridades e ordenação das alternativas de ação segundo seu desempenho relativo umas às outras (ZACKIEWICZ, 2005).

Por sua vez, a família de métodos multicritério PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*) e suas aplicações têm atraído atenção de pesquisadores e usuários. O método foi desenvolvido por Brans em 1982 e expandido por Vincke e Brans em 1985. O PROMETHEE é um método *outranking* para a classificação e seleção de um conjunto finito de ações alternativas entre critérios, frequentemente conflitantes. O princípio básico do PROMETHEE é baseado em comparação par a par (*pairwise comparison*) de alternativas de acordo com critérios reconhecidos. Essas alternativas são avaliadas de acordo com diferentes critérios, os quais devem ser maximizados ou minimizados e a implementação do método requer dois tipos de informação adicionais, quais sejam; o peso e a função de preferência. A atribuição de pesos aos critérios é uma etapa importante de qualquer método multicritério e o PROMETHEE considera que o tomador de decisão está apto a atribuir pesos aos critérios apropriadamente. Por sua vez, para cada critério, a função de preferência traduz a diferença entre as avaliações obtidas por duas alternativas em um grau de preferência que varia de zero a um (BEHZADIAN *et al.*, 2010). Silva *et al.* (2013) salientam que um aspecto importante do método PROMETHEE é a facilidade de entendimento dos decisores relativamente aos conceitos e parâmetros do método, proporcionando a simplificação do processo de modelagem e, como resultado, aumentando a efetividade da aplicação desse modelo multicritério. Comparativamente aos métodos da família ELECTRE que utiliza conceitos de concordância e discordância para medição das vantagens e desvantagens entre pares de alternativas, frequentemente esse conceitos não são compreendidos pelos tomadores de decisão. Romano (2015) observa que o

PROMETHEE utiliza matemática simples, método de concepção e ordenação aplicável em várias situações e diferenças de cada alternativa confirmadas através da avaliação de critérios por função de preferência. Entretanto, uma desvantagem do método é a transformação de critérios qualitativos em valores quantitativos, o que sujeita o método ao julgamento individual.

Dois novos métodos multicritérios que integram em seu procedimento informações quantitativas e qualitativas em um contexto incerto são apresentados por Halouani *et al.* (2009) - o “*Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluation Multi Decision Maker 2-Tuple I e II* (PROMETHEE-MD-2T-I e II). O método PROMETHEE tem sido usado em problemas de seleção de projetos no qual informação qualitativa é tradicionalmente transformada em numérica usando uma escala ordinal. Dado que as opiniões das pessoas raramente coincidem, na maioria dos casos não há uma única solução aceita de forma geral e os resultados devem ser vistos nessa perspectiva. Uma abordagem mais realista seria o uso de estimadores linguísticos ao invés de valores numéricos, ou seja, usar variáveis linguísticas nos processos de abordagem PROMETHEE. Em função disso, é proposto um método *Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluation Multi Decision Maker 2-Tuple I e II*. A metodologia PROMETHEE parece ser totalmente adequada para problemas de seleção de projetos porque modela preferências dentro de seus procedimentos de uma forma simples e flexível. É perfeitamente inteligível pelos tomadores de decisão dado que representa um dos mais intuitivos métodos de decisão multicritério mas, ainda assim, persiste a complexidade matemática no modelo proposto.

A aplicação de programação matemática ao problema de seleção de projetos, geralmente toma a forma de um *multi-dimensional knapsack problem* (problema da mochila), segundo Beaujon *et al.* (2001). Os autores desenvolvem um modelo de programação matemática para a seleção de projetos pelo centro de P&D da *General Motors* e observaram que, apesar de haver uma clara preferência pela simples intuição na seleção de projetos baseada em *ranking heuristics*, tais heurísticas tem valor limitado quando o portfólio tem que considerar mais do que umas poucas restrições. Restrições adicionais aumentam de forma significativa a complexidade de uma representação de programação inteira do problema e técnicas de solução que não consideram as restrições podem produzir portfólios distantes de uma solução ótima.

Medaglia *et al.* (2007) propõem um método para resolver qualquer problema de seleção de projetos com as seguintes características. Primeiro, projetos parcialmente financiados. Em segundo lugar, a necessidade de satisfação simultânea de vários objetivos estratégicos, muitas vezes conflitantes. Terceiro, uma articulação de preferências posterior, isto é, alguns métodos são baseados em articulação de preferências *a priori* ou progressiva enquanto poucos são baseados em articulação posterior. Nessa situação, o método exige o mínimo de informação do tomador de decisão e pode ser totalmente automatizada. Em quarto lugar, a incerteza nos objetivos. Alguns elementos da seleção podem ser incertos, tais como, custo de oportunidade, riscos, receitas, inflação, fluxo de caixa, dentre outros. Durante a avaliação, o método admite que elementos incertos nos objetivos sejam incluídos como coeficientes randômicos em expressões complexas (até não lineares). O método simula o projeto e avalia suas medidas de desempenho (objetivos) sujeitas a eventos randômicos. Quinto, a existência de interdependências dos projetos, sejam elas de recursos, benefícios e/ou técnicas. Assim, o modelo permite que as interdependências sejam modeladas nas funções objetivo. Por último, recursos restritos linearmente: os problemas de seleção são restritos pelo uso de recursos escassos (capital, trabalho, espaço físico, dentre outros). O modelo usa relações lineares para modelar as restrições dos diversos recursos e apresenta um novo algoritmo evolucionário<sup>16</sup> multiobjetivo (*Multiobjective Evolutionary Algorithms - MoEA*), capaz de resolver problemas com as características acima, pode ser aplicado a uma classe ampla de tipos de projetos, é fácil de implementar, não faz nenhuma suposição do comportamento do tomador de decisão e considera a incerteza. Porém, tem algumas desvantagens: pode lidar apenas com um limitado número de variáveis (menos do que 10), sua eficiência computacional é dependente do tamanho relativo da região viável e exige fronteiras explícitas e muito precisas dos valores das variáveis de decisão. O método proposto foi ilustrado com um modelo de otimização de projetos de P,D&I, no qual foram relaxados os pressupostos determinísticos e adicionados componentes estocásticos ao modelo, especificamente o fluxo de caixa e participações de mercado foram modelados como variáveis randômicas. O método foi capaz de aproximar a fronteira eficiente com soluções estocasticamente não dominadas (MEDAGLIA *et al.*, 2007).

---

<sup>16</sup> Um algoritmo evolucionário é um procedimento de busca estocástico inspirado pelo processo de evolução na natureza. Algoritmos evolucionários tem sido aplicados para resolver problemas complexos onde algoritmos de otimização tradicional têm falhado.

No trabalho de Ghorbani & Rabbani (2009) é proposto um procedimento meta-heurístico multiobjetivo para um problema de seleção de projetos que considera duas funções objetivo – maximização do benefício total esperado dos projetos selecionados e minimização da soma da variação absoluta dos recursos alocados entre cada período de tempo sucessivo. O modelo matemático de seleção de projetos apresentado aloca os recursos disponíveis (recursos, ferramentas, pessoal, etc.) a um subconjunto de projetos em relação às restrições consideradas e simultaneamente programa os recursos pelos períodos de tempo disponíveis de forma a otimizar as duas funções objetivo. O modelo considera os seguintes pressupostos: i) todos os projetos selecionados devem ser empreendidos dentro do horizonte de planejamento; ii) todos os parâmetros no modelo são considerados determinísticos; iii) para cada projeto o benefício esperado depende do período de tempo em que o projeto se inicia; iv) em cada período de tempo, a quantidade de recursos disponíveis é limitada, de forma que as restrições de recursos são consideradas no modelo e; v) as interdependências entre alguns projetos concorrentes são consideradas. Para comparar o algoritmo proposto contra outros métodos concorrentes, alguns problemas teste foram desenhados. O algoritmo proposto foi comparado com NSGA-II, um algoritmo genético<sup>17</sup>, e os resultados mostraram que o algoritmo proposto obteve um desempenho superior.

O trabalho de Doerner *et al.*(2004) introduz *Pareto Ant Colony Optimization* como uma meta-heurística especialmente eficaz para resolver problema de seleção de portfolio por meio de experimentos computacionais com instâncias randômicas. Na maioria das situações de vida real, decisões são tomadas na presença de múltiplos objetivos que são frequentemente conflitantes. Ainda, muitos dos problemas são combinatórios e gestão de P,D&I proporciona um exemplo especialmente ilustrativo. Em modelos de seleção de portfolios multiobjetivos, as dificuldades emergem naturalmente na formulação de uma função objetivo apropriada. Duas formas de proceder existem: uma primeira abordagem envolve construir uma função que agregue os diferentes atributos que caracterize a atratividade de um dado portfolio e tanto quanto possível reflita seu benefício global. O maior problema é que essa abordagem exige uma extensiva informação de preferência *a priori* (pesos, limites, benefícios marginais). Uma abordagem diferente consiste em aceitar vários

---

<sup>17</sup> Algoritmos genéticos são métodos de busca e otimização inspirados no conceito de seleção natural das espécies. Têm como objetivo a solução de problemas complexos ou com espaço de soluções muito grande, de difícil solução por métodos convencionais de otimização.

critérios dentro do modelo e parcialmente determinar o portfólio eficiente (Pareto-ótimo<sup>18</sup>). Depois dessa fase inicial, é dada ao tomador de decisão a oportunidade de explorar o espaço de solução até que um portfólio satisfatório seja encontrado. Doerner *et al.*(2004) proporcionam uma abordagem heurística no campo de seleção de portfólios multiobjectivos introduzindo a *Pareto Ant Colony Optimization*<sup>19</sup> (P-ACO) como um método sólido para proporcionar um algoritmo eficiente para o problema de seleção de portfólios de P,D&I multiobjetivos. Foram identificadas três vantagens no método: i) pode lidar com as complexas interações dos projetos e restrições; ii) é robusto porque mostra resultados muito bons em várias características de problemas; iii) informação heurística pode ser facilmente conectada no algoritmo (DOERNER *et al.*, 2004).

Otimização combinatória multiobjectivo (*Multiobjective combinatorial optimization - MOCO*) tem se tornado uma ativa área de pesquisa com a seleção de portfólio de projetos sendo uma aplicação de alta relevância prática, segundo Doerner *et al.*(2006). O interesse em MOCO deve-se ao fato de que muitos gestores não estão mais dispostos a proporcionar uma extensa preferência de informação *a priori*, tais como funções de utilidade complexas, mas demandam por apoio à decisão que permita somente especificar gradualmente suas preferências e, então, participar e controlar o processo de decisão. Um sistema desse tipo começa com a identificação dos candidatos eficientes (Pareto-ótimo) e então apoia o tomador de decisão a explorar interativamente essas soluções. O processo de decisão de seleção de portfólio usualmente envolve a busca de múltiplos objetivos entre uma escassez de informação de preferência *a priori*. Assim, a qualidade desse processo pode ser melhorada pela implementação de um procedimento de duas fases que primeiro identifica o espaço de solução de todos os portfólios eficientes (ou seja, Pareto-ótimo) e então permite uma exploração interativa desse espaço. Porém, a determinação desse espaço de solução não é trivial porque uma enumeração completa somente resolve pequenas instâncias e o problema subjacente se torna crescente à medida que o número de projetos aumenta. *Pareto ant colony optimization* (P-ACO) tem mostrado um bom desempenho para esses tipos de problemas

---

<sup>18</sup> Conceito econômico desenvolvido por Vilfredo Pareto. Uma situação econômica seria ótima quando não puder mais ser melhorada, ou quando não se puder melhorar um dos fatores sem a degradação de outro fator participante.

<sup>19</sup> A abordagem de colônia de formigas (*ant colony*) imita o comportamento demonstrado por formigas reais quando estão em busca de comida. Elas comunicam informação sobre fontes de comida via feromônio que elas secretam enquanto se movem. Quando elas encontram uma fonte de comida elas retornam ao ninho. Como as formigas nos caminhos mais curtos (mais atrativos) retornarão mais rápido ao ninho, mais feromônio será depositado nesses caminhos mais curtos. Como as formigas escolhem seus caminhos com uma probabilidade que depende da quantidade de feromônio detectado e conseqüentemente os caminhos mais viajados se tornam mais atrativos, serão então mais usados.

segundo os autores. No artigo, o efeito benéfico da função P-ACO (o aspecto de aprendizagem) é substanciado por meio de um exemplo numérico com dados reais. A abordagem P-ACO é suplementada por um procedimento de pré-processamento de uma programação linear inteira (ILP) que identifica várias soluções de portfólios eficientes em poucos segundos e correspondentemente inicializa as trilhas de “feromônio” antes de executar o P-ACO. Essa extensão favorece uma exploração maior do espaço de busca no início da busca e o faz a baixo custo.

O setor de energia é um campo privilegiado para aplicação de *Multiple Criteria Decision Aid – MCDA* (métodos multicritérios) em função dos diversos aspectos que devem ser levados em consideração (econômicos, ambientais e sociais). Seleção de projetos constitui um caso típico de situação de decisão multicritério onde o tomador de decisão é chamado a escolher a alternativa mais atraente entre um grande número de soluções candidatas discretas. A decisão se torna ainda mais complexa se em adição aos múltiplos critérios de avaliação, o tomador de decisão tem que satisfazer limitações específicas, impondo uma consideração combinatória das alternativas examinadas. Nesse caso, somente um *ranking MCDA* não é suficiente porque não é capaz de gerar combinações de projetos que satisfaçam as limitações impostas (CAPROS *et al.*, 2003). Dentre outros métodos *MCDA*, o PROMETHEE V é especificamente desenhado para incorporar as limitações e tem sido usado para problemas de seleção de projetos. O trabalho de Capros *et al.* (2003) propõe uma abordagem para um procedimento de avaliação composto de duas fases. A primeira busca a classificação de todas as alternativas em categorias pré-definidas de diferentes atratividades, feita pelo ELECTRE-TRI, um método multicritério de classificação (*sorting*) da família ELECTRE. A principal vantagem do método é a capacidade de suportar um grande número de alternativas que não precisam ser pré-ordenadas. Numa segunda fase, todo o conjunto de alternativas é traduzido em variáveis binárias de um modelo de programação linear inteira (IP) para lidar com o caráter combinatório do problema. O modelo proposto é aplicado na seleção entre um grande número de propostas referentes à aplicação de energia eólica em uma região da Grécia que possui alto potencial eólico.

A principal razão para uso do método ELECTRE-TRI é que dado o pequeno número e subjetividade dos critérios, uma alta discriminação das propostas não era buscada pelos tomadores de decisão. O conjunto reduzido de propostas, qualificado a partir do ELECTRE-TRI, é modelado com variáveis de decisão 0-1. Inicialmente a função objetivo foi definida como a soma dos escores multicritério das propostas aprovadas (uma típica função objetivo *knapsack*). Entretanto, essa formulação pode levar a resultados confusos, dado que a

restrição de capacidade máxima direciona o modelo para a seleção de propostas de orçamentos menores ainda que apresentem escores menores do que aquelas que demandam maiores recursos. Os resultados foram considerados satisfatórios, visto que todas as propostas com desempenho relativamente bom estão presentes na solução. A combinação de duas ferramentas metodológicas (MCDA e programação inteira) podem efetivamente lidar com problemas específicos de tomada de decisão, onde em adição a consideração de múltiplos critérios as alternativas devem obedecer a restrições particulares.

Liu & Wang (2011) apresentam um modelo de otimização usando programação de restrição (*constraint programming* – CP)<sup>20</sup> para seleção de projetos de P,D&I. O estudo integra seleção de projetos com questões de *scheduling* e restrições de recursos dependentes do tempo (*time-dependent*) para formular um modelo de otimização de lucro usando programação de restrição. A adoção de CP para formulação do problema apresentou três vantagens: i) o estabelecimento de variáveis binárias é claro devido às restrições lógicas e sequenciais proporcionadas pela CP; ii) CP é uma ferramenta naturalmente apropriada para solução de problemas combinatórios de *scheduling*; iii) modelos baseados em CP são flexíveis e várias restrições de recursos *time-dependent* podem ser facilmente modificadas para atender às necessidades do usuário sem reconstruir o modelo. Dessa forma, a proposta de um modelo de otimização baseado em CP pode suportar a seleção de projetos e problemas de *scheduling* e identificar a solução ótima com restrições em recursos de vários tipos, incluindo recursos consumidos e renováveis. O modelo foi validado usando dois cenários envolvendo quinze projetos e permitiu aos planejadores avaliar os requisitos apropriados de recursos para concluir os projetos selecionados, reduzindo custos desnecessários (LIU & WANG, 2011). Portanto, o modelo identificou um plano apropriado de seleção de projetos e cronograma para atender plenamente às necessidades do contratante relacionadas aos limites orçamentários anuais e a demanda por recursos renováveis.

Em Carazo *et al.* (2010) é proposto um modelo de programação binária multiobjetivo que facilita tanto a obtenção de portfólios eficientes alinhados ao conjunto de objetivos perseguidos pela organização, assim como seu cronograma (*scheduling*) relativo ao momento ótimo para lançar cada projeto dentro do portfólio sem a necessidade de informação *a priori* sobre as preferências do tomador de decisão. Dado que a complexidade do problema aumenta com o aumento do número de projetos e de objetivos, a solução é a utilização de um

---

<sup>20</sup> Programação de restrição (*constraint programming* - CP) é uma implementação computacional projetada para resolver problemas de satisfação de restrições, que são geralmente referidas como problemas combinatórios.

procedimento metaheurístico baseado em *Scatter Search*<sup>21</sup> chamado SS-PPS (*Scatter Search for Project Portfolio Selection*), que demonstrou, por experimentos computacionais, bom desempenho comparado com outras heurísticas. Os autores propõem um modelo multiobjetivo combinatório linear que combina simultaneamente a seleção e *scheduling* de portfólios de projetos, sob condições gerais, tornando aplicáveis no setor privado e público.

O processo de tomada de decisão se torna mais complexo se, em adição aos múltiplos critérios de avaliação, o tomador de decisão tem que lidar com limitações específicas, como, por exemplo, restrições políticas. A abordagem mais comum para lidar com essa situação é usar uma formulação de programação inteira (*integer programming – IP*), mais precisamente, programação 0-1, atribuindo uma variável de decisão binária a cada projeto, indicando se o projeto é selecionado ( $X_i = 1$ ) ou não ( $X_i = 0$ ) (MAVROTAS *et al.*, 2008). Outra forma de lidar com múltiplos critérios e restrições em seleção de projetos é usar uma abordagem em duas fases: inicialmente, obter uma avaliação multicritério dos projetos usando um método multicritério (*Multi-Criteria Decision Analysis - MCDA*) que avalia os projetos individualmente e então, usar essa informação na função objetivo de um modelo de programação inteira incorporando as restrições. Geralmente o modelo tem uma forma *knapsack* (modelo da mochila), que busca maximizar o desempenho dada uma restrição orçamentária, com múltiplas restrições. O modelo proposto por Mavrotas *et al.* (2008) busca maximizar a compatibilidade da seleção final com o ranking inicial dos projetos.

A diferença básica entre os dois conceitos (modelo da mochila e o modelo proposto) é atribuído à inevitável restrição orçamentária que causa um viés em direção a projetos de baixo custo. A situação de decisão apresentada pelos autores refere-se à seleção de projetos de acordo com as restrições de segmentação, lógicas e de orçamento, respeitando, tanto quanto possível o *ranking* obtido de uma abordagem MCDA na primeira fase de análise. A abordagem é diferente de uma abordagem de otimização de portfólio dado que em problemas de otimização de portfólio busca-se pela melhor combinação de projetos de acordo com as restrições impostas. O termo “melhor” é usualmente expresso por uma função objetivo aditiva que agrega os valores individuais dos projetos. Assim, não se considera a preservação das preferências relativas entre os projetos. Entretanto, no presente caso, essas preferências relativas são de importância essencial, pois a preocupação é a seleção final que reflita tanto

---

<sup>21</sup> *Scatter-search* orienta explorações sistematicamente em relação a um conjunto de pontos de referência que consistem tipicamente de boas soluções obtidas pelos esforços de resolução de problemas anteriores, em que os critérios para “bom” não são restritos aos valores da função objetivo, e pode aplicar-se a sub coleções de soluções em vez de uma única solução, como no caso das soluções que diferem umas das outras de acordo com certas especificações (Fonte: MARTÍ, R.; LAGUNA, M.; GLOVER, F. Principles of scatter search. **European Journal of Operational Research**, v. 169, n. 2, p. 359–372, 2006).

quanto possível as avaliações individuais dos projetos, conforme expresso pelo *ranking* inicial. Porém, esse pré-ordenamento inicial é distorcido em função da restrição orçamentária, o que é comum em um modelo da mochila no qual o *ranking* não é respeitado, dado que projetos com menores escores e menores custos podem ser preferidos contra aqueles melhores projetos que tem orçamentos mais elevados (MAVROTAS *et al.*, 2008).

Essa situação ocorre principalmente porque essa abordagem, por natureza, permite a comparação de um único projeto com uma combinação de projetos. A motivação do trabalho dos autores foi a avaliação e seleção de propostas de pesquisa a serem financiadas por um orçamento específico em um instituto acadêmico. A avaliação inicia com um método MCDA incorporando quatro critérios (inovação, utilidade, capacidade financeira do instituto e custo) que resulta em um completo ranking das propostas. Deve-se notar que a abordagem MCDA é muito mais flexível que uma simples relação de análise custo/benefício, pois pode considerar o custo como um dos critérios, deixando ao tomador de decisão a liberdade para determinar seu peso (do critério custo). Enquanto o processo de avaliação é direto (*straightforward*), o processo de seleção tem várias dificuldades em função das restrições de segmentação. No caso, a necessidade de respeitar a seleção de propostas de diversos departamentos com faixas de inclusão desses projetos na seleção. Isto é, uma restrição de segmentação, que poderia ser por região, bioma, tipo de pesquisa (básica ou aplicada), tipo de cliente a ser atendido, etc. O método proposto tenta maximizar a compatibilidade da seleção final (obtida do modelo de programação inteira) com o ranking inicial (obtido de uma abordagem MCDA e alimentada em um modelo IP). A inovação básica do modelo é a substituição dos escores multicritério originais pelos escores “aumentados”<sup>22</sup> (*augmented scores*) na função objetivo. Deve ser destacado que no trabalho de Mavrotas *et al.* (2008) não buscou-se a melhor combinação das propostas (que é o conceito da abordagem *knapsack*), mas a seleção dos melhores projetos, de acordo com um ranking inicial que atendesse às restrições de segmentação.

O foco do trabalho de Hassanzadeh *et al.* (2014) é o desenvolvimento de um método para lidar com informação imprecisa associado com o problema de multi-objetivos na seleção de um portfolio de projetos de P,D&I. O método proposto integra duas abordagens complementares para lidar tanto com as incertezas quanto com os múltiplos objetivos. As incertezas são modeladas por meio de otimização robusta enquanto o problema de múltiplos objetivos é resolvido por meio de programação multiobjetivo interativa para captar a

---

<sup>22</sup> Usando os escores aumentados na função objetivo, o problema de subestimação de bons projetos (mas com altos custos) é superado e o ranking inicial é respeitado tanto quanto possível.

informação de preferência do tomador de decisão com respeito aos múltiplos objetivos no problema. A revisão de literatura feita pelos autores indicou que os problemas de incerteza e multiobjetivos nunca são tratados em uma mesma abordagem, de forma integrada e simultânea. Técnicas de otimização multiobjetivo podem ser divididas em três categorias; *a priori*, *a posteriori* e articulação progressiva da preferência de informação, baseada no tempo/momento em que a informação de preferência do tomador de decisão é articulada e usada. A articulação de informação de preferência do tomador de decisão em relação aos critérios é assumida e a solução é obtida pela conversão de múltiplos objetivos do problema em um único objetivo. Essa abordagem só pode encontrar soluções básicas para problemas lineares e pode falhar no equilíbrio de funções objetivo em relação à sua importância. Entretanto, atribuir níveis de aspiração e pesos para as metas é um problema desafiador. A segunda categoria inclui abordagens que requerem uma articulação da informação de preferência do tomador de decisão *a posteriori*. Assume que a informação *a priori* não está disponível. Um procedimento de duas fases é implementado que identifica o todo ou o maior conjunto de portfólios eficientes, Pareto ótimos, possivelmente utilizando metaheurística, e então explora o conjunto de soluções eficientes identificadas possivelmente por meio de abordagem interativa. A tarefa de determinar o conjunto de todas as soluções eficientes é desafiadora e se torna uma demanda crescente ou até mesmo impossível em função do aumento do número dos projetos e/ou dos objetivos.

A terceira categoria inclui abordagens interativas na qual a informação de preferência do tomador de decisão é articulada progressivamente, e incorporada ao processo de solução de forma a identificar a solução mais preferida do tomador de decisão. Stummer e Heidenberger (2001, 2003) apresentaram um procedimento interativo para resolver os problemas multi-objetivos de seleção de portfólios de projetos de P,D&I. Steuer *et al.* (2005) discutiram ferramentas e técnicas de otimização multicritério para analisar e resolver problema de seleção de portfólio. A maioria das formulações de problemas de seleção é baseada em dados determinísticos, entretanto, uma importante característica da seleção de projetos de P,D&I é que os atributos futuros de projetos de P,D&I, tais como custos e receitas, disponibilidade e uso de recursos humanos e suprimento de materiais, desenvolvimento de habilidades técnicas e riscos, e resultados de mercado são muito difíceis de estimar.

A Pesquisa Operacional (PO) tem dado contribuições científicas significativas para o sucesso da Gestão de Projetos não apenas por meio de modelos para entender e representar projetos, mas também pelo desenvolvimento de algoritmos e técnicas de apoio ao papel de decisão do gerente de projetos (SHAKHSI-NIAEI *et al.*; 2011). O artigo desses

autores introduz um modelo compreensivo que considera as restrições do mundo real e lida com todos os tipos possíveis de incertezas nos dados de *input* do problema de seleção de projetos, isto é, valores de desempenho, pesos de critérios e limiares de preferências. Na primeira fase, uma estrutura é implementada na qual o método PROMETHEE é ligado a Simulação de Monte Carlo para ranquear os projetos candidatos. Na segunda fase, rankings globais são usados para outra Simulação de Monte Carlo, por meio da qual escores aumentados são determinados e alimentados em um modelo de programação inteira. As principais contribuições do artigo são a redução do nível de incerteza de dados de *input* importantes e identificação dos recursos cujas capacidades devam ser aumentadas. Ou seja, primeiro tenta identificar aquelas incertezas que têm o maior impacto no ranking dos projetos. Assim, os tomadores de decisão poderão se concentrar nas áreas mais importantes e reduzir suas incertezas pelo aumento de seu conhecimento. Ainda, o modelo proposto indica quais recursos tem o maior impacto na seleção final, portanto, os gestores podem analisar a decisão de aumentar esses recursos.

A utilização de métodos apoiados em programação matemática, de forma similar à utilização da abordagem de opções reais, tem encontrado maior aplicação nos meios acadêmicos e pouca aplicação no ambiente organizacional. Uma das razões é a própria complexidade matemática envolvida e é importante observar que a utilização de uma abordagem para seleção de projetos de P,D&I pressupõe a facilidade de entendimento, por parte dos tomadores de decisão, das ferramentas utilizadas no processo. Ainda, a própria natureza da inovação é incompatível, na maior parte das vezes, com técnicas que preconizam a otimização e maximização. A inovação tem escopo futurista e, na verdade, a avaliação refere-se a algo ainda inexistente. O próximo item apresenta de forma bastante breve a utilização de modelos de escore (*scoring models*), um método mais simples do que a programação matemática.

#### **2.4.5 Métodos de escore**

Rengarajan & Jagannathan (1997) desenvolveram um método de seleção de escore para uma grande organização de P,D&I na Índia que lida com diferentes tipos de pesquisa, onde os projetos são variados e multidisciplinares. Os métodos de escore permitem a incorporação de critérios de avaliação subjetivos que podem ser desenhados para uma organização específica e na qual uma variedade de pesquisa é realizada e, assim, fatores não financeiros podem ser levados em consideração. Os critérios de seleção devem ser definidos

de forma que reflitam as necessidades específicas e cultura da organização, como o tipo de pesquisa realizada, estrutura organizacional, restrições organizacionais e ambiente de trabalho. Os autores observaram um viés acentuado em direção a projetos de curto prazo com alta chance de conclusão bem sucedida, demonstrando que a atividade de P,D&I na organização analisada apoia principalmente o desenvolvimento de produtos existentes e é incremental por natureza. Foram atribuídas prioridades mais baixas aos objetivos sociais o que denota uma preocupação dominante com a obtenção de lucros e maximização da riqueza. Cinco projetos foram avaliados com o método proposto e o ranking final refletiu a cultura de pesquisa da organização. Em geral, a organização deseja realizar projetos de menor duração e orientados para as plantas industriais enquanto projetos relacionados a novas áreas onde os resultados são incertos obtiveram menor prioridade.

As diversas abordagens e técnicas têm como objetivo, de uma forma ou de outra, incorporar padrões de decisão similares aqueles dos tomadores de decisão. A própria inteligência artificial é uma tentativa de reproduzir, tanto quanto possível parâmetros de comportamento e ações humanas em uma variedade de situações. As abordagens heurísticas, como será visto na próxima sessão, buscam internalizar no processo de priorização e seleção de projetos de P,D&I, os padrões humanos de decisão.

#### **2.4.6 Abordagens heurísticas**

A essência da abordagem heurística reside na aplicação de rotinas seletivas que reduzem a dimensão do problema e pode ser usada para simular o padrão de decisão dos seres humanos, mostrando-se adequada para situações complexas, dinâmicas e diversas (LANDMANN & ERDMANN, 2011).

Hanafi & Freville (1998) propõem uma nova abordagem de *Tabu Search*<sup>23</sup> (TS) baseada na oscilação estratégica e informação de restrição substituta que proporciona um equilíbrio entre estratégias de intensificação e diversificação. Em métodos TS, a intensificação força a busca a examinar regiões atrativas enquanto a diversificação direciona a busca em novas regiões inexploradas. Nesse contexto, o principal objetivo é encontrar um

---

<sup>23</sup> O método é uma das mais populares metaheurísticas e tem obtido sucesso em uma grande variedade de problemas, tais como orçamento de capital, alocação de recursos e seleção de projetos. Os principais componentes da TS são a introdução de memória adaptativa e exploração responsiva como uma base para a solução de problemas combinatórios e não lineares. Essa memória flexível é subdividida em memória de curto e longo prazo pela incorporação de memória baseada em caráter recente e memória baseada em frequência enquanto a exploração responsiva é baseada na suposição de que uma má escolha estratégica pode render mais informação do que uma boa escolha randômica.

equilíbrio eficiente entre estratégias de intensificação e diversificação. A intensificação se concentra na busca da zona promissora enquanto a estratégia da diversificação consiste em direcionar a busca para novas regiões. Assim, nessa abordagem as regiões serão alcançadas movendo da zona promissora em direção aos domínios viáveis ou inviáveis.

No trabalho de Coffin & Taylor (1996b) é apresentada uma abordagem heurística que inclui *scheduling* (agendamento, programação) de projetos como uma meta dentro de um processo de seleção multicritério. A heurística é baseada em “*filtered beam search*” (FBS)<sup>24</sup>, uma técnica desenvolvida na pesquisa em inteligência artificial. Modelos de seleção empregando técnicas de programação matemática selecionam um grupo ótimo de projetos, ou seja, um portfolio sujeito a objetivos e restrições de recursos no processo de desenvolvimento exigindo que o processo de seleção seja formulado como equações matemáticas exatas relacionando os objetivos e restrições entre si. Entretanto, os modelos negligenciam o problema de *scheduling* (programação), como objetivo ou restrição, em função da dificuldade matemática de incorporar o *scheduling* no processo de seleção. O problema de seleção e *scheduling* do trabalho de Coffin & Taylor (1996b) pode ser sumarizado da seguinte forma:

Metas

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Maximizar o lucro esperado do portfolio} \\ \text{Minimizar o tempo de execução do portfolio} \\ \text{Maximizar a probabilidade de sucesso do portfolio} \end{array} \right.$$

sujeito a:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Uso do recurso X (portfolio)} \leq \text{Capacidade do recurso X} \\ \text{Uso do recurso Y (portfolio)} \leq \text{Capacidade do recurso Y} \\ \text{Número de pesquisadores (portfolio)} \leq \text{Número de pesquisadores disponíveis} \\ \text{Uso de recursos \$ (portfolio)} \leq \text{Orçamento disponível} \end{array} \right.$$

O espaço de solução para o problema de seleção de projetos de P,D&I pode ser visualizado como uma *search tree* (árvore de busca) com cada caminho (tronco) da árvore representando uma solução potencial e os nodos representando os projetos individuais. O tamanho da *search tree* cresce exponencialmente com o tamanho do problema (número de projetos). Com a *beam search* uma função de avaliação é usada para determinar em quais ramos continuar a busca de forma a manter o número de ramos administrável. A ideia básica

<sup>24</sup> FBS pertence à classe de procedimentos de busca heurística conhecidas como técnicas *beam search* que são baseadas na exploração de uma *search tree*. É uma técnica genérica que basicamente procura vários caminhos (*paths*) da árvore em paralelo e não retrocede (*backtrack*).

por trás da *beam search* é usar uma função de avaliação para selecionar os ramos mais promissores de acordo com os objetivos e continuar a busca somente ao longo desses ramos, ignorando os demais. Com essa eliminação e o fato da busca não retroceder (*backtrack*), existe a possibilidade de perda de soluções ótimas.

A *beam search* funciona bem quando há somente um objetivo para o problema de busca, ou se múltiplos objetivos puderem ser combinados em uma função de avaliação. Entretanto, o problema de seleção de projetos tem geralmente, múltiplos objetivos, sem medidas comuns, o que torna difícil criar uma função de avaliação que capture adequadamente os critérios de decisão para o problema. Em função disso, *goal programming* (programação de metas) tem sido usada para seleção porque pode refletir metas múltiplas, não comensuráveis e, com essa abordagem, as metas são priorizadas, com a meta mais crítica para a seleção de projetos recebendo o maior peso, ou prioridade, e os demais de acordo com sua importância. A FBS usa uma abordagem análoga na qual as diversas metas são priorizadas e a mais importante é usada para a avaliação final e seleção dos ramos. As metas secundárias funcionam como filtros para excluir ramos em função de seu baixo desempenho de acordo com a estrutura de prioridade da busca o que pode resultar na perda de uma boa solução.

Assim, decidir qual meta usar para o processo de avaliação final e para filtragem é uma decisão gerencial (COFFIN & TAYLOR, 1996b). Os resultados do trabalho de Coffin & Taylor (1996b) indicaram que o método FBS apresenta melhor desempenho quando uma meta de *scheduling* é incluída, melhor do que uma abordagem tradicional de programação matemática. Assim, os autores concluem que o FBS é robusto no sentido de que pode acomodar uma variedade de objetivos de *scheduling*, permitindo ao gestor utilizar uma heurística que melhor represente o ambiente real de seleção de projetos.

As metodologias anteriores têm focado principalmente em modelo teóricos de pesquisa operacional e ciência da administração, usualmente na forma de problemas de otimização sob restrição. Entretanto, esses modelos não têm encontrado amplo uso na prática dado que exigem dados acurados que não estão disponíveis na maioria dos casos e, dessa forma, captam apenas parte do problema. Um dos mais importantes é o tratamento inadequado das interrelações dos projetos, com respeito tanto ao valor quanto à utilização dos recursos e pouca atenção tem sido dada na literatura a esse problema (EILAT *et al.*; 2006). Esses autores propõem uma nova metodologia, por meio de um modelo baseado em *Data*

*Envelopment Analysis*<sup>25</sup> (Análise Envoltória de Dados – DEA) e *Balanced Scorecard*<sup>26</sup> (BSC).

#### 2.4.7 Data Envelopment Analysis (DEA) e Balanced Scorecard (BSC)

A particularidade do modelo DEA-BSC proposto no trabalho de Eilat *et al.* (2006) é o desenvolvimento de uma metodologia quantitativa para análise de problemas estáticos de seleção de portfólio que responde às três metas de eficácia (*effectiveness*), eficiência (*efficiency*) e equilíbrio (*balance*), conforme propostas por Cooper *et al.* (1997), e leva em consideração as interações combinadas de benefícios, resultados e recursos. A metodologia distingue considerações tomadas ao nível do projeto (eficiência do projeto individual) daquelas tomadas no nível do portfólio (ex.: equilíbrio entre risco e retorno dentro do portfólio). O método emprega um algoritmo de geração de portfólio e uma função de acumulação que leva em consideração possíveis interações complexas entre os projetos. No caso, as unidades de tomada de decisão (DMUs) são os projetos ou portfólios. Assim, resolvendo o modelo  $n$  vezes (cada vez avaliando uma DMU diferente na função objetivo), obtêm-se escores de eficiência relativa para todas as DMUs em dois grupos: os eficientes (com escore 1.0) na fronteira eficiente ou envelope, e os ineficientes (com escores menores que 1.0) que se situam abaixo da fronteira.

O caso do problema de tomada de decisão do trabalho de Eilat *et al.* (2006) é uma grande agência governamental que deve selecionar e apoiar projetos tecnológicos e, nesse sentido, os *cards* BSC foram definidos como: contribuição econômica (aumento de qualidade e produtividade e redução de custo); contribuição científica (melhor uso e rápida difusão do conhecimento científico e avanço do conhecimento científico); contribuição social (criação de

<sup>25</sup> DEA foi desenvolvida por Charnes *et al.* (1978) para avaliar a eficiência relativa de unidades de tomada de decisão (Decision Making Units - DMUs) que estão envolvidas no desempenho de funções similares usando um conjunto de insumos para produção de determinados resultados/produtos. Tanto os insumos quanto os produtos podem conter tanto fatores quantitativos quanto qualitativos e o modelo básico define eficiência como a razão entre a soma ponderada entre os produtos e insumos. A utilidade do DEA em avaliar sistemas multicritério deu origem a várias aplicações que se estenderam de seu uso tradicional de estudos de eficiência a vários problemas de tomada de decisão.

<sup>26</sup> O *Balanced Scorecard* (BSC) é um conceito que foi apresentado por Kaplan e Norton (1992) como um sistema de medida organizacional e sua metodologia foi motivada pela consideração de que medidas financeiras tradicionais tais como retorno sobre o investimento, podem ser incompletas, se usadas sozinhas, podendo gerar sinais equivocados. O BSC objetiva produzir uma representação equilibrada do desempenho da firma e, para isso, foca em quatro grupos de medida de desempenho, chamadas de *cards*: financeiro, mercado, crescimento interno, inovação. Para cada *card* o método identifica um número de medidas para proporcionar uma avaliação compreensiva do desempenho da organização nas dimensões de suas operações que correspondem a um *card* específico. Algumas vantagens apontadas do BSC são: minimiza a carga de informação pela limitação do número de medidas que utiliza; reúne elementos aparentemente díspares da avaliação; protege contra sub-otimização pela consideração de todas as medidas importantes em conjunto, enquanto proporciona a habilidade de identificar se a melhoria em uma determinada área foi atingida em função de outra.

empregos e melhores condições de trabalho); exigência de recursos (pessoal, material, etc.). Para gerar portfólios alternativos, foram calculados índices para cada projeto: índice de eficiência, índice de equilíbrio, índice de risco. A análise não aponta um único portfólio melhor, mas reduz o amplo número de portfólios potenciais a um pequeno número administrável de melhores escolhas alternativas, enquanto integra alguns critérios aparentemente diferentes (EILAT *et al.*, 2006). Assim, é uma metodologia na qual eficácia, eficiência e equilíbrio podem ser integrados e, portanto, a abordagem não se restringe à obtenção de uma solução ótima, mas a avaliação de portfólios alternativos na presença de múltiplos objetivos e possíveis interações entre os projetos.

O desenvolvimento de um método de avaliação baseado no DEA para analisar um portfólio de projetos de pesquisa do *Advanced Technology Division of Bell Laboratories* é proposto por Linton *et al.* (2002). Uma combinação de um modelo de decisão multicritério e um sistema gráfico de apoio à decisão para um portfólio de 469 projetos de P,D&I da Bell é aplicada. O DEA para identificar os projetos eficientes, ou seja, aqueles que são superiores aos demais em todas as dimensões e um grupo de projetos que deve ser avaliado de forma complementar por meio da utilização de uma ferramenta visual de apoio – a *Value Creation Model* (VCM).

O DEA determina quais unidades são eficientes e também define a relativa ineficiência das unidades que são dominadas pelas unidades que estão na fronteira de eficiência e oferece vantagens que o torna superior aos métodos econômicos para o exame de decisões entre alternativas caracterizadas por um alto grau de incerteza, o que é apropriado para seleção de projetos de P,D&I. Relativamente aos sistemas visuais de apoio, sua popularidade advém do fato de que esses sistemas são similares às abordagens típicas de decisão dos gestores em contraste com a menor utilização de técnicas baseadas em ciência de gestão. Por outro lado, a dificuldade desses sistemas é a capacidade limitada de processamento de informação por parte desses gestores. Porém, o DEA pode reduzir esse problema ao ranquear os projetos em um portfólio permitindo que a gestão dedique mais atenção no foco, ou seja, em decisões que não tenham uma resposta óbvia. A aplicação do modelo por Linton *et al.* (2002) resultou em 7 dos 469 projetos como eficientes ( $PHI = 1$ ) e os 462 restantes como ineficientes, ou seja, 462 projetos são dominados por um ou mais dos outros projetos e esse domínio significa que há um projeto que é igual, ou melhor, para todas as medidas. Assim, os autores destacam três questões importantes para a gestão de P,D&I, quais sejam: i) uso combinado de métodos objetivos e subjetivos para análise e seleção; ii) uso do DEA para ranquear projetos e; iii) o papel e a avaliação do ciclo de vida como parte de

uma estratégia da firma. Em suma, os autores observam que o DEA permite que os projetos sejam separados em três grupos – *aceitos, podem ser aceitos e rejeitados* e, desse modo, a atribuição de valores relativos a cada categoria auxilia os gestores na compreensão dos objetivos estratégicos e proporciona uma oportunidade para obtenção de um maior refinamento na seleção de projetos de P,D&I. A questão subjacente à priorização e seleção de projetos de P,D&I é a tomada de decisão sob condições de incerteza, nas quais múltiplos critérios devem ser considerados e internalizados na avaliação, bem como diversos atores têm preferências, necessidades, demandas e expectativas distintas e, muitas vezes, conflitantes. Assim, não é um mero problema de otimização sujeito a um conjunto de restrições, mas sim, relativo a uma decisão de investimento, com conhecimento parcial e na qual estão presentes a indeterminação relativa ao hiato temporal entre as atividades de pesquisa e a geração ou não da inovação, uma cultura organizacional e profissionais peculiares e a tendência de execução multi-institucional das atividades de pesquisa e desenvolvimento. Desse modo, é importante, portanto, considerar as diversas abordagens, técnicas e métodos de priorização e seleção de projetos de P,D&I em função da atitude em direção à construção de um acordo entre as partes interessadas e o grau de incerteza envolvida no problema decisório. Para tal, o próximo item tem como objetivo posicionar as diversas técnicas de priorização e seleção de projetos de P,D&I em um modelo de análise proposto por Stacey (1995, 2010), conhecido como Matriz ou Diagrama de Stacey, com o intuito de abordar a complexidade da ação gerencial.

## **2.5 Os métodos de definição de prioridades e seleção de projetos e a complexidade do problema de tomada de decisão**

Para as organizações, públicas ou privadas onde a inovação é parte da missão do negócio, a competitividade continuada reside na habilidade de desenvolver e implementar novos produtos e processos sendo, assim, um problema estratégico. As incertezas estão sempre presentes em projetos de P,D&I, tais como incertezas nos resultados dos projetos, na disponibilidade de recursos, na interdependência e interações entre os projetos. Portanto, uma abordagem estratégica é fundamental quando se analisa um grupo de projetos propostos.

Diversos métodos, abordagens e ferramentas são apresentados na literatura sobre seleção de projetos de P,D&I. Essa literatura está presente nas mais diversas áreas do conhecimento – da ciência da informação a administração de empresas, passando pela ciência econômica, matemática aplicada, teorias de decisão e pesquisa operacional, dentre outras

áreas correlatas. Essa discussão envolve considerações sobre risco e incerteza e o desenvolvimento de métodos e ferramentas de apoio ao processo de tomada de decisão.

Portanto, o problema refere-se à seleção apropriada das ações gerenciais em um sistema complexo. Em outras palavras, a escolha de abordagens gerenciais para uma decisão específica, proporcionar sentido a um conjunto de decisões ou uma agenda para um determinado grupo e a adequação de uma dada abordagem. Conforme explorado no capítulo anterior, Stacey (1995) enfatiza a importância da ciência da complexidade para a teoria das organizações ao destacar que as organizações são sistemas de *feedback* porque, a todo instante, existe interação entre pessoas, grupos e componentes. Nesse contexto, Stacey (1995) propõe uma matriz, conhecida como Matriz de Stacey<sup>27</sup> ou Diagrama de Stacey que tem como ideia básica proporcionar um método para selecionar as ações gerenciais em um sistema complexo baseado no *grau de certeza* e *nível de acordo* sobre o problema em questão.

Considerando que a definição de prioridades e a seleção de projetos de P,D&I em uma instituição pública de pesquisa envolve atores e questões científicas diversas, há a necessidade do domínio de um arranjo de abordagens e do uso adequado de cada uma. Nesse sentido, a matriz proposta por Stacey pode ajudar na identificação de decisões gerenciais sobre as dimensões de *incerteza* e do *grau de concordância* (ZIMMERMAN, 2001). Problemas ou decisões estão próximas a certeza quando os vínculos de causa e efeito podem ser determinados. Esta é a situação quando uma questão ou decisão muito similar tem sido tomada no passado e, assim, pode-se extrapolar de experiência passada para prever o resultado de uma ação. No extremo oposto estão as decisões cujas características de incerteza são dominantes. Essas situações são frequentemente únicas ou, no mínimo, novas aos tomadores de decisão. Nelas, os vínculos de causa e efeito não são claros e a extrapolação de experiência passada não é um método válido para prever os resultados. O eixo vertical mede o nível de acordo, de concordância sobre uma questão ou decisão dentro de um grupo, equipe ou organização. Desse modo, a função de gestão ou liderança varia dependendo do nível de concordância em torno de uma questão. Assim, diferentes regiões podem ser identificadas dentro da matriz, conforme segue na Figura 2.4

---

<sup>27</sup>Fonte: [http://www.gptraining.net/training/communication\\_skills/consultation/equipoise/complexity/stacey.htm](http://www.gptraining.net/training/communication_skills/consultation/equipoise/complexity/stacey.htm). Por sua vez, o material disponibilizado na *web* refere-se a Brenda J. Zimmerman, Schulich School of Business, York University, Toronto, Canada (2001).

**Figura 2.4** As regiões da Matriz de Stacey



Fonte: Queiroz (2015)

**Região (1) - Próximo ao acordo, próximo a certeza.** A maior parte da literatura e teoria sobre gestão trata da região da matriz que está próxima a certeza e a concordância. Nessa região, podem ser usadas técnicas para coletar dados do passado e usá-las como base para a tomada de decisão. Nesse contexto, são planejados caminhos específicos de ação para alcançar resultados e monitorar o comportamento real pela comparação com o planejado por meio de técnicas, métodos e abordagens racionais para as questões e decisões que se inserem nessa área. Assim, o planejamento e o controle são efetivos e o objetivo é repetir o que funciona para aumentar eficiência e eficácia. Portanto, a tomada de decisão é técnica e de racionalidade otimizadora.

**Região (2) - Longe do acordo, próximo a certeza.** Algumas questões têm um alto grau de certeza sobre como os resultados são criados, mas altos níveis de discordância sobre quais resultados são desejáveis. Nem planos nem missão compartilhada são possíveis nesse contexto dado que não há acordo quanto ao atingimento da meta. Ao invés disso, a política,

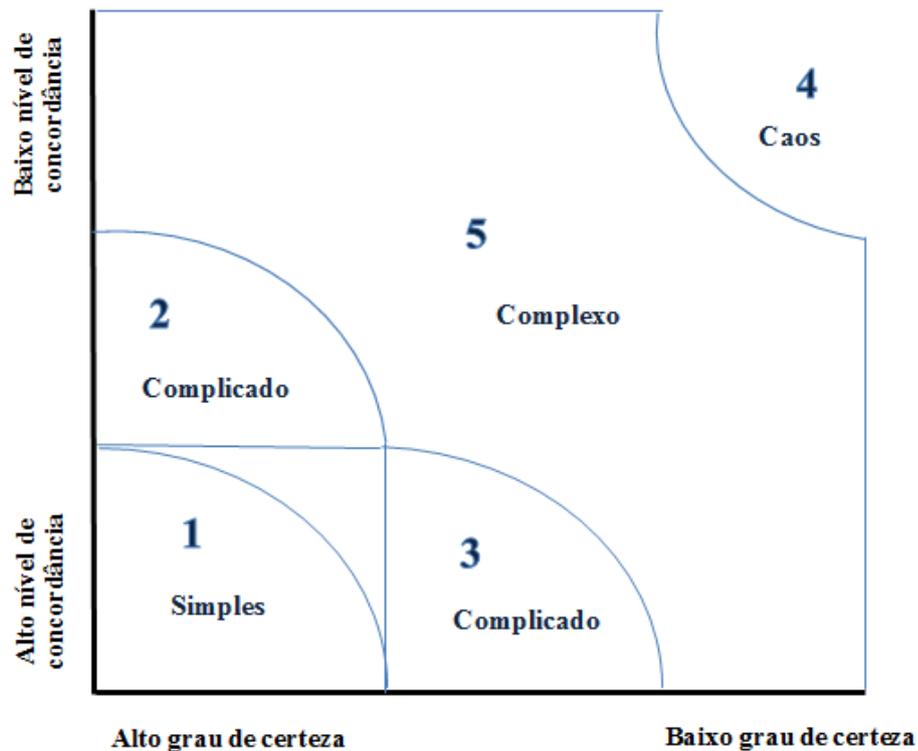
negociação e construção de coalizão são necessárias. O processo decisório é político e, portanto, de busca de acordo, de ferramentas e métodos que sejam capazes de proporcionar esse acordo.

**Região (3) - Próximo do acordo, longe da certeza.** Algumas questões tem um alto nível de acordo, mas carecem de certeza sobre os vínculos de causa e efeito para criar os resultados desejados. Nessa região, o objetivo é caminhar para um acordo sobre o estado futuro, com forte compartilhamento de visão e missão. Nessa região, os vínculos entre causa e efeito não são evidentes em função da incerteza e dessa forma, abordagens otimizadoras não funcionarão. O controle se dá pelo alinhamento dos resultados intermediários com a missão organizacional.

**Região (4) – Caos ou anarquia: longe do acordo e longe da certeza.** São situações nas quais há elevados níveis de incerteza e de desacordo, resultando com frequência em colapso ou anarquia. Os métodos tradicionais de planejamento e negociação são insuficientes nesse contexto. Como aponta Queiroz (2015), esta é uma região a ser trabalhada de forma particular, pois os métodos de predição, planejamento e negociação são insuficientes. Isso porque situações emergenciais exigem soluções de urgência, independentemente de serem ideais ou que haja ampla concordância.

**Região (5) - A zona de complexidade.** Há uma grande área nesse diagrama situada entre a região de anarquia e as regiões de abordagens tradicionais de gestão. Stacey chama essa grande região central de zona de complexidade. Nesta região, as abordagens de gestão tradicionais são ineficazes, mas é a zona de alta criatividade, inovação e ruptura com o passado para criar novas formas de operação. Em Administração, na maior parte do tempo é ensinado como administrar nas regiões (1), (2) e (3). Nessas regiões podem ser apresentados modelos que extrapolam da experiência passada e, desse modo, podem ser usados para prever o futuro. A região de complexidade é a região de maior criatividade, de inovação, de rompimento com o existente e o passado para a criação de novos modelos, de desenvolvimento de novas trajetórias tecnológicas e emergência de novos paradigmas (QUEIROZ, 2015). É necessário reforçar que os gestores das organizações precisam dispor de uma diversidade de abordagens para lidar com a variedade de contextos. De uma forma simplificada, a Matriz de Stacey pode ser exibida conforme a Figura 2.5.

**Figura 2.5** Uma simplificação da Matriz de Stacey



**Fonte:** Queiroz (2015)

Retomando, portanto, o que foi mencionado anteriormente sobre a diversidade de métodos, abordagens e ferramentas de definição de prioridades e seleção de projetos de P,D&I, é proposta uma categorização em função dos distintos ambientes de tomada de decisão, conforme descrito pelo Diagrama de Stacey, quais sejam: simples, complicado e complexo. Isso porque os métodos ou combinações desses métodos serão mais apropriados dependendo do problema ou questão a ser enfrentada, a possível complementariedade entre eles e sua utilização potencial em mais de um ambiente de decisão. Cabe destacar, ainda, que a própria literatura tem apontado que nenhuma metodologia é a ideal e capaz de oferecer em todas as condições, sempre a melhor solução.

O problema de definição de prioridades e seleção de projetos de P,D&I deve considerar os vínculos entre a estratégia institucional e a estratégia de inovação. Nesse sentido, é necessário destacar que os projetos de P,D&I são de longo prazo de maturação, multidimensionais, onde o risco e a incerteza são inerentes e as partes interessadas têm suas expectativas depositadas. Assim, é com o objetivo de identificar potenciais métodos

candidatos que se desenvolve essa categorização baseada em prévia revisão de literatura e no Diagrama de Stacey.

Considerando ambientes ou situações de alto nível de concordância e alto grau de certeza – região 1 (Simples) da Figura 2.5 no qual os dados do passado permitem uma extrapolação para o futuro e a tomada de decisão é técnica e baseada em uma racionalidade otimizadora, métodos proporcionados pela Pesquisa Operacional são adequados. Assim, considerando objetivos de otimização, são desenvolvidos métodos matemáticos para a obtenção da solução ótima sujeita a um conjunto de restrições. Nesse conjunto inclui-se a programação matemática com modelos de programação linear, não linear e inteira. Dentre eles, o “*problema da mochila*” (*knapsack problem*), incorpora diferentes tipos de restrição por meio de programação inteira. Entretanto, a gestão de P,D&I pode demandar dados que esses modelos de programação matemática não estão preparados para fornecer.

Modelos econômicos ou financeiros que tratam a avaliação do projeto como uma decisão de investimento considerando o valor presente líquido, a taxa interna de retorno, o período de retorno do investimento (período de *payback*) e o cálculo do retorno do investimento são capazes de proporcionar indicadores e parâmetros para o processo decisório quando há concordância entre os atores envolvidos no processo decisório e dados passados podem ser extrapolados para a previsão de cenários futuros. Entretanto, é importante lembrar que modelos econômicos tradicionais não têm a capacidade de incorporar na análise variáveis não financeiras, como aspectos ambientais, sociais e políticos de uma questão ou problema.

Considerando que nesse cenário de decisão (região “Simples”), a extrapolação de dados passados é possível, abordagens de emulação cognitiva, tais como abordagens estatísticas (cálculo de probabilidades, análise de regressão), sistemas especialistas e análise do processo de decisão são baseadas em circunstâncias similares e a produção de resultados a partir de informação existente é esperada.

A negociação, construção de coalizões e decisões políticas devem considerar métodos onde a subjetividade está presente, como é o caso de ambientes “Complicados”, onde há pouco acordo entre as partes envolvidas na decisão, mas um alto grau de certeza quanto aos resultados futuros desejados, conforme ilustrado na região 2 da Figura 2.5. Nessas situações, métodos como modelos de escore (*scoring models*) e listas de checagem (*checklist*) constituem uma categoria de técnicas de medição de benefícios com ênfase em avaliações subjetivas de variáveis estratégicas produzindo um ranqueamento geral dos projetos. Nesses métodos, os critérios podem ser definidos em função das especificidades da organização.

Adicionalmente, um modelo de programação matemática, como o *goal programming*, que permite que os fatores de prioridade sejam definidos de forma que o atingimento de um conjunto de metas em um determinado nível de prioridade seja preferível, aproximando o processo decisório das metas desejadas. A *goal programming* é uma das técnicas da pesquisa operacional que considera não apenas uma função objetivo, mas várias metas que o tomador de decisão deseja atingir. Ela difere da programação linear porque apresenta ao processo decisório soluções variadas do problema, e não, uma solução ótima. Desse modo, essa técnica pode ser uma alternativa para situações nas quais são necessárias a negociação e a decisão política, como é o caso da região 2 (Simples) da Matriz de Stacey.

Uma heurística baseada em “*filtered beam search*” (FBS) é uma técnica desenvolvida na pesquisa em inteligência artificial e efetua a exploração de uma árvore de busca (*search tree*) procurando os vários caminhos possíveis nessa árvore de decisão. Situações onde a negociação e a construção de coalizões são necessárias (região 2 – Simples) demandam métodos que sejam capazes de lidar com múltiplos critérios e, dessa forma, uma abordagem que utilize métodos multicritérios associados com um modelo de programação matemática, como o *knapsack* (modelo da mochila) procura compatibilizar a seleção final dada uma restrição orçamentária.

Um método que identifique os projetos eficientes, superiores aos demais em um processo de seleção em situações de pouca concordância, mas de alguma certeza quanto aos resultados esperados pode recorrer ao *Data Envelopment Analysis* (DEA) como um sistema multicritério. Nesse caso, as unidades de tomada de decisão são os projetos concorrentes.

Por sua vez, para questões que envolvem um alto nível de acordo, mas carecem de certeza sobre os vínculos de causa e efeito para criar os resultados desejados (Região 3 – “Complicado”) da Figura 2.5, o objetivo é projetar um estado futuro, a partir de uma visão e missão compartilhadas. Para questões desse tipo, abordagens de otimização não são úteis, sendo mais adequadas técnicas de decisão em grupo que reúnam os conhecimentos de especialistas, como o *Delphi*.

A Teoria de Opções Reais (TOR) tem sido utilizada para avaliação de projetos, pois incorpora tanto a incerteza quanto a tomada de decisão e pode reforçar os argumentos dos tomadores de decisão ao justificar investimentos de P,D&I que, por sua natureza, envolve decisões sobre atividades futuras. Uma abordagem alternativa é um modelo de programação matemática que, por meio de programação inteira (*knapsack problem*) incorpora as diversas restrições e avalia os projetos com base em um método multicritério *outranking* como o PROMETHEE. Essa abordagem *knapsack-outranking* é capaz de lidar com critérios

estratégicos e operacionais e restrição de recursos. A identificação das incertezas com maior impacto na seleção inicial dos projetos associado à Simulação de Monte Carlo possibilita que o processo de decisão se concentre nas questões relevantes e a incerteza seja reduzida como produto de maior conhecimento. Dessa forma, esse modelo indica as variáveis e recursos de maior impacto na seleção final dos projetos e a consequente intervenção da gestão.

O ambiente típico da inovação é um ambiente de “Complexidade”, região 5 da Figura 2.5, caracterizado por incerteza, processos de busca e seleção, criatividade e construção de uma agenda. Queiroz (2015) observa que um cenário complexo demanda uma combinação de métodos que proporcionem uma ruptura com o passado e que favoreçam o aprendizado (*learning by doing*). Complementa esse autor, que não há impedimento para a utilização de métodos indicados aos ambientes “Simples” e “Complicado”, mas apenas, que eles não são suficientes e que devem ser complementados por outras abordagens explorando a criatividade, identificação, desenvolvimento e seleção de alternativas.

A ideia no ambiente de complexidade é construir um maior nível de acordo em torno de uma solução desejada e redução do grau de incerteza. Nessas circunstâncias, o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) possibilita a hierarquização de uma avaliação multi projetos pelo tomador de decisão sendo um modelo compreensível projetado para lidar com o intuitivo, racional e irracional no processo de tomada de decisões multicritério. Também, nesse cenário complexo de incerteza e ausência de acordo entre as partes, as técnicas de decisão em grupo, como o *Delphi* e Painel de Especialistas são úteis.

Considerando que os modelos tradicionais, como os econômicos e financeiros ignoram as características dos investimentos de P,D&I, tais como; o momento de investir (timing), incerteza, irreversibilidade e que um projeto de longo prazo cria oportunidades para investimentos subsequentes, a abordagem de opções reais tem um valor considerável para o processo de tomada de decisão. Finalmente, uma abordagem *fuzzy* AHP, tal como identificada na revisão de literatura dessa tese, permite a decomposição dos problemas de decisão em uma estrutura de decisão hierárquica, a identificação da “imprecisão” de julgamento, a mudança desse julgamento em função do risco e uma solução da disparidade de julgamentos.

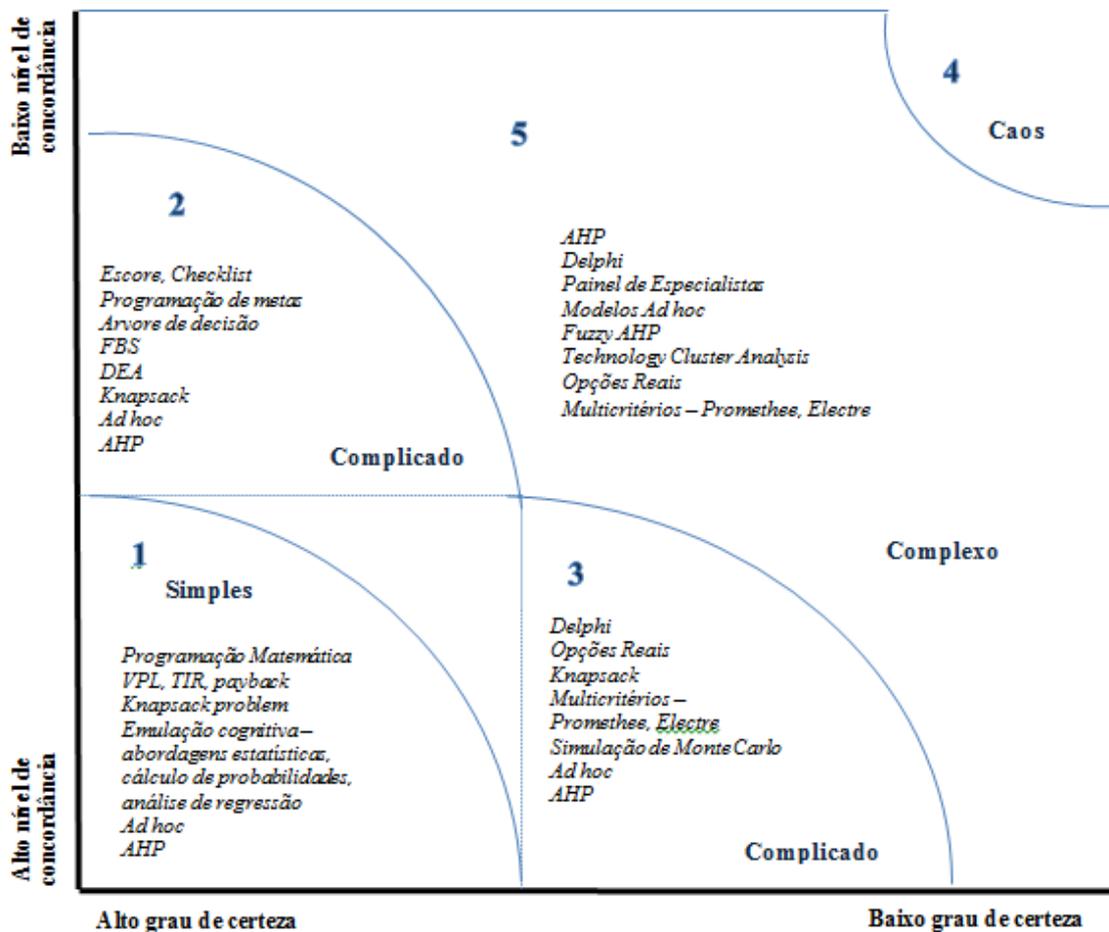
Em uma abordagem amplificada para a definição de prioridades, em um cenário complexo, uma técnica relacionada à construção de um mapeamento cognitivo baseado na opinião de especialistas, pode ser útil no planejamento da programação de pesquisa e auxiliar a tomada de decisão em seleção de projetos de P,D&I. Nesse contexto, no qual a informação é escassa e o conhecimento dos agentes é parcial, uma análise de agrupamento de tecnologias

(*Technology Cluster Analysis*) tem o potencial de proporcionar o planejamento de programas de P&D em áreas emergentes e a consequente priorização e seleção de projetos.

Comum a todas as regiões, com exceção da região 4 (Caos) é a importância da utilização de modelos *ad hoc* para apoio à tomada de decisão em priorização e seleção de projetos de P,D&I. Independente do nível de acordo entre os decisores e do grau de incerteza presente na questão envolvida, a participação de especialistas por meio de opiniões consistentes é um importante auxílio ao processo decisório e, deve ser utilizado e conjunto com outros métodos, abordagens e técnicas.

A Figura 2.6 incorpora na Matriz de Stacey, os diversos métodos, modelos e abordagens de definição de prioridades e seleção de projetos, em função da concordância entre os atores envolvidos no processo de tomada de decisão e o grau de incerteza.

**Figura 2.6** Os métodos de priorização e seleção de projetos de P,D&I na Matriz de Stacey



Fonte: elaboração própria a partir de Queiroz (2015)

As organizações estão diante de desafios crescentes e dinâmicos e a inovação é frequentemente mencionada como uma estratégia chave para sobrevivência. As abordagens econômicas e financeiras tradicionais de seleção de projetos focam principalmente em ferramentas quantitativas. Porém, essas abordagens têm ignorado os múltiplos fatores que impactam a seleção de projetos. Por sua vez, modelos de programação matemática buscam a otimização de alguma função objetivo sujeita a restrições relacionadas a recursos, tecnologia, estratégia, etc. Apesar de ser um modelo abundante na literatura sobre seleção de projetos de P,D&I, poucas aplicações reais são encontradas na prática. Uma das razões é que, frequentemente, modelos de programação matemática exigem dados que a gestão P,D&I não é capaz de fornecer e também se caracterizam pela complexidade matemática.

O método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é uma abordagem de tomada de decisão de medida eficiente e multi-objetivos que emprega uma comparação par a par para determinar os pesos e prioridades de uma variedade de fatores, atributos, elementos e alternativas. O pressuposto básico é de que os tomadores de decisão estão aptos para estruturar um problema complexo na forma de uma hierarquia, onde cada fator e alternativa pode ser identificado e avaliado com respeito a outros fatores relacionados. A força da abordagem AHP é sua capacidade de incorporar critérios objetivos e subjetivos e, para seu uso, deve ser desenvolvido um diálogo entre os grupos interessados proporcionando a obtenção de uma variedade de informações estratégicas e táticas de forma a considerar diversos pontos de vista quanto possível.

Entretanto, todas as abordagens tratam o problema de definição de prioridades de pesquisa e seleção de projetos de P,D&I como um processo de decisão racional e, de uma forma ou de outra, ignoram que a decisão se dá sempre sob condições de incerteza em um contexto evolutivo. Desse modo, é necessária uma abordagem diferente daquelas baseadas em sistemas de racionalidade substantiva que tratam incerteza e risco probabilístico como sinônimos. Em um ambiente de incerteza verdadeira (não ergódico), o tomador de decisão não é capaz de elencar todas as consequências futuras de seu ato e nem pode atribuir probabilidades a essas consequências porque a evidência é insuficiente. Considerando a decisão como uma escolha diante de uma incerteza limitada, o problema de *priority setting* e seleção de projetos de P,D&I lidam com prospecção sob incerteza verdadeira (*true uncertainty*) e, dessa forma, com as questões apontadas por Schackle como a definição dos possíveis resultados e as expectativas relacionadas (*potencial surprise*).

A tomada de decisão para o estabelecimento de prioridades e seleção de projetos de P,D&I é um problema complexo, como foi demonstrado nos capítulos anteriores. Acrescente-se a essa complexidade, as especificidades das organizações públicas de pesquisa. Para abordar esse problema, o próximo capítulo é dedicado a esse tipo de organização. Especificamente, o capítulo explorará de que forma algumas instituições públicas de pesquisa realizam o processo de priorização e seleção de projetos de P,D&I.

## **CAPÍTULO 3 - DEFINIÇÃO DE PRIORIDADES E SELEÇÃO DE PROJETOS DE P,D&I NAS ORGANIZAÇÕES PÚBLICAS DE PESQUISA**

O capítulo abordará, inicialmente, as funções características e o contexto no qual estão inseridas as organizações públicas de pesquisa (OPPs) *mission oriented*. Desse modo descreverá esse tipo de organização, com foco nos temas e questões contemporâneas por elas enfrentados. A incorporação da lógica da inovação e a complexidade resultante para a temática de priorização e seleção é discutida e, na seção seguinte, é abordado o posicionamento das OPPs em relação a esse tema e de que forma a questão vem sendo tratada. Posteriormente, serão analisadas as abordagens e métodos anteriormente descritos e sua adequabilidade em função das especificidades da P,D&I e das organizações públicas de pesquisa.

### **3.1 As organizações públicas de pesquisa: funções, características e contexto**

A evolução do papel dos institutos públicos de pesquisa no mundo nas últimas décadas tem colocado desafios significativos para essas organizações e um constante questionamento sobre sua relevância e capacidade de adaptação às novas circunstâncias e demandas da sociedade. Como resultado, as instituições públicas de pesquisa são confrontadas com a necessidade de proceder a processos rápidos de aprendizagem organizacional, a fim de adaptar-se e manter sua legitimidade.

Pérez & Arechavala-Vargas (2007) apresentam uma análise dos processos de aprendizagem com base em estudos de casos organizacionais no México e no exterior, observando que os laboratórios públicos de P&D nas economias emergentes enfrentam pressões importantes para a mudança e tentam responder a essas pressões ambientais através do desenvolvimento de novas estratégias e práticas de gestão. A mudança é, portanto, uma condição perene para organizações públicas de P&D e, ao mesmo tempo, o seu papel e missão exige estabilidade e desenvolvimento de capacidades de longo alcance.

A discussão sobre o papel do Estado na economia é uma questão que permanece em evidência, principalmente, em períodos de crise, seja política e/ou econômica. Um dos argumentos para a redução das atividades estatais é a necessidade de redução de déficits fiscais e de tornar a economia mais competitiva. Contrariamente, Mazzucato (2014) defende um Estado Schumpeteriano, no qual seu papel não se limita à intervenção na macroeconomia ou ao financiamento de pesquisa e desenvolvimento, mas é também visto como

empreendedor, que assume riscos e cria mercados. Esse empreendedorismo envolve a disposição e a capacidade dos agentes econômicos de assumir o risco e a verdadeira incerteza *knightiana*, ou seja, um risco que não se pode medir, um risco que não pode ser calculado.

De fato, a inovação é um exemplo de verdadeira incerteza *knightiana*, que não pode ser modelada por uma distribuição normal de probabilidades e ao enfatizar a incerteza subjacente à inovação tecnológica, assim como os efeitos de *feedback* entre inovação, crescimento e estrutura de mercado, enfatiza-se o componente “sistema” do progresso tecnológico e do crescimento. Entretanto, ao se engajar no mundo da incerteza *knightiana*, o setor público pode criar novos produtos e os mercados correspondentes, como, por exemplo, a *internet* e a nanotecnologia. Assim, o papel do Estado tem sido muito mais arrojado, assumindo o risco e não apenas eliminando o risco (MAZZUCATO, 2014).

As organizações públicas de pesquisa (OPPs) são organizações mantidas por recursos públicos e de propriedade estatal. Seu objetivo principal é gerar e difundir conhecimento, focando em metas estabelecidas externamente (pelo estado, pelo governo, pela sociedade, pelas empresas) e internamente (pela comunidade científica) (BIN *et al.*, 2013). Resulta dessas peculiaridades, o fato de que as OPPs estão sujeitas ao marco legal em relação ao domínio público, a influência política de autoridades do governo e a cultura organizacional (SALLES-FILHO & BONACELLI, 2010).

O desenho de um programa deve levar em consideração as características específicas do desafio que pretende enfrentar e o contexto no qual as respostas tecnológicas serão desenvolvidas e implementadas. Os programas de P&D *mission-oriented* diferem na natureza da missão, os tipos de P&D apoiadas, as características institucionais dos que fazem a P&D e os principais beneficiários (FORAY *et al.*, 2012). As funções públicas das OPPs são múltiplas e se concentram em geração de conhecimento estratégico, formulação e/ou execução de políticas públicas, geração de oportunidades de desenvolvimento econômico, social e ambiental e, arbitragem (SALLES-FILHO *et al.*, 2000).

Beise & Stahl (1999) apresentam resultados de uma pesquisa sobre inovações industriais na Alemanha. Usando um extenso levantamento das empresas foram quantificados os efeitos da pesquisa pública sobre as inovações industriais e concluíram que a pesquisa pública tem de fato um efeito imediato sobre inovações industriais. Uma das descobertas é que uma parte considerável das empresas identificou inovações de produto e de processo, que não teriam sido desenvolvidas sem o trabalho das instituições públicas de pesquisa e eram capazes de nomear a fonte específica da produção de pesquisa que utilizaram. O trabalho

mostrou que, em geral, a pesquisa pública pode transferir tecnologia com sucesso para as empresas industriais.

Larédo & Mustar (2004) destacam a evolução do papel da pesquisa no setor público, especialmente na França, ligada a mudanças ocorridas em um contexto mais amplo, onde os governos têm cada vez mais se desvinculado de grandes programas militares e civis, e voltado a atenção para o apoio às pequenas e médias empresas de tecnologia, utilizando a pesquisa pública como um importante veículo. Ainda, desafiada por problemas ligados à saúde, meio ambiente e segurança, a pesquisa do setor público também tem experimentado uma redescoberta política. Tomando a França como exemplo, têm mostrado como as novas convergências estão surgindo no caminho de realização da pesquisa, levando à conclusão de que a tradicional associação entre universidades e pesquisa básica, por um lado, e entre laboratórios governamentais e pesquisa aplicada por outro, não mais se sustenta, e que o futuro da evolução da pesquisa do setor público deve ser considerado como um todo, de forma a descrever seus futuros relacionamentos.

As organizações públicas de pesquisa (OPPs) estão diante de um cenário no qual a busca da competitividade se torna crescente e no qual a necessidade de definição de formas mais eficientes de conduzir suas atividades se impõe. O ambiente de atuação dessas instituições é definido pela presença de novos atores e a reconfiguração dos papéis dos atores tradicionais, a pesquisa em rede, a busca de economias de escala e escopo e a articulação entre usuários e produtores de conhecimento. Além disso, o ambiente é marcado por diversos desafios, tais como a redução de recursos financeiros, o surgimento de novos campos de conhecimento, a permanente discussão sobre o papel do Estado, os riscos e oportunidades decorrentes do ambiente externo (SALLES-FILHO *et al.*, 2000; MAZZUCATO, 2014). Entretanto, para o cumprimento de sua missão, as OPPs só podem desempenhar seu papel se elas alcançarem efetividade, eficácia e eficiência, ou seja, transformar ciência em benefícios sociais, econômicos e ambientais. Assim, a necessidade de incorporar a lógica da inovação deve, portanto, ser vista como um aspecto da reorganização das OPPs desde o início do século 21 (BIN *et al.*, 2013).

A incorporação da lógica da inovação, o surgimento de novas tecnologias, disciplinas e temas de pesquisa exigem formas mais complexas de organização das atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I), e, não mais, somente pesquisa e desenvolvimento (P&D). Por sua vez, essas novas áreas se caracterizam pelo seu caráter de “espalhamento” (*pervasiveness*) por outras áreas. Desse modo, os projetos de P,D&I devem incorporar, quando possível, a visão da inovação. Porém, isso não significa que todas as fases

devem ser executadas por uma única instituição, ou seja, muda a concepção de projeto e muda também a forma de participação que pode se dar por meio de inserção da organização em redes de pesquisa, nacionais ou internacionais (SALLES-FILHO *et al.*, 2000). Assim, os projetos passam a envolver equipes maiores, multidisciplinares, de diversas instituições e diferentes países. Portanto, é necessário explorar economias de escala e escopo nesse ambiente de complexidade, recursos escassos, rápidas transformações na base de conhecimentos e novas tecnologias.

Desse modo, a construção de um arcabouço para definição de prioridades de pesquisa e seleção de projetos de P,D&I não pode mais se basear, exclusivamente, em critérios de mérito científico. Para a sobrevivência e competitividade num contexto que não mais se alinha a um modelo linear de inovação, mas a inserção em sistemas de inovação, essas organizações públicas de pesquisa devem ser capazes de identificar suas competências essenciais, suas capacidades dinâmicas e explorar ativos complementares (TEECE, 1986), além de conhecer seu ambiente de atuação, ou seja, conhecer os mercados e as instituições com as quais se relaciona e conhecer os usuários e clientes (SALLES-FILHO *et al.*, 2000).

Como vimos no Capítulo 1, Teece (2007) considera que a firma é uma coleção de transações e também um conjunto de recursos e destaca o papel dos ativos complementares. Nesse contexto, se insere o conceito de capacidades dinâmicas, ou seja, como as firmas adquirem vantagens competitivas ao longo do tempo. Assim, as capacidades dinâmicas referem-se às habilidades da firma, de integração e desenvolvimento de competências, tanto internas quanto externas, de forma a lidar com o ambiente.

Conforme observa Ferro (2010), as capacidades dinâmicas refletem a habilidade da organização de gerar formas inovadoras de vantagem competitiva e competências externas incluindo parcerias em P&D, envolvimento de clientes e usuários, compra de tecnologias externas e aquisição de outras empresas. Na visão da autora, essas competências dinâmicas envolvem a identificação da necessidade e oportunidades de parcerias; busca e seleção de parceiros; gestão de contratos e propriedade intelectual; gestão de projetos; transferência de tecnologia; gestão do conhecimento; gestão da rede de parceiros; identificação de mecanismos de incentivo, dentre outros. Nesse contexto, as competências dinâmicas incluem a capacidade de identificar e responder às necessidades ou oportunidades de mudança. Isso se aplica tanto a organizações privadas quanto públicas, especialmente aquelas inseridas em contexto sistêmico, no qual há divisão de tarefas, complementaridades e mesmo competição entre os atores.

As bases nas quais se assenta a concepção de sistema de inovação devem partir da análise crítica da visão da economia neoclássica e de outras abordagens não evolucionárias cujas hipóteses consideram a informação perfeita, transferência instantânea de tecnologia e perfeita mobilidade de capital e trabalho. Entretanto, o que se verifica é a incerteza do processo de inovação, o caráter local do aprendizado e a racionalidade limitada dos agentes. Além disso, é um processo onde diferentes conhecimentos, habilidades e ativos estão presentes e no qual participam diferentes atores, com diferentes lógicas e interesses e o aprendizado é fortemente um processo interativo (LUNDVALL, 1992). A abordagem de sistemas de inovação considera que as instituições aprendem e co-evoluem segundo pressões de diversas ordens, oportunidades e na qual o arcabouço institucional é relevante.

Embora as atividades de P&D sejam veículos por meio dos quais avanços tecnológicos são obtidos, uma visão estritamente linear do processo de inovação é uma abordagem limitada para explicar a mudança tecnológica. Nesse sentido, o processo de inovação deve ser visto como um conjunto de mudanças em um sistema, incluindo o ambiente de mercado, processos de produção e conhecimento e os contextos sociais da organização da inovação. Assim, nesse sistema atuam as forças de mercado e as forças do progresso nas fronteiras científicas e tecnológicas, portanto, os sistemas de inovação são sistemas sociotécnicos. Desse modo, um modelo alternativo deve considerar que as relações num modelo de inovação não são unívocas e nem lineares (unidirecionais).

O papel dos fatores econômicos, institucionais e sociais deve ser considerado em maiores detalhes, conforme observa Dosi (1984). Um papel decisivo é a seleção feita a cada nível, desde a pesquisa até os esforços tecnológicos relativos à produção entre as possíveis trajetórias, com base em critérios tais como; exequibilidade, negociabilidade e rentabilidade. Outras variáveis também são relevantes, dentre elas, os interesses das organizações envolvidas em P&D nas novas áreas tecnológicas, a história tecnológica dessas organizações e as variáveis institucionais, com destaque para o papel do poder público. Na etapa final da sequência, da ciência até a produção, os mercados atuam como ambiente seletivo. Também deve ser considerada a influência em longo prazo dos fatores econômicos e tecnológicos na mudança científica.

As mudanças no ambiente econômico constituem uma característica permanente do sistema, dado que essas mudanças estimulam o simples progresso técnico ao longo de uma trajetória tecnológica, caracterizando essas mudanças como atividade tecnológica normal. Os esforços tecnológicos extraordinários, relacionados à busca de novas direções tecnológicas,

surtem tanto em função de novos desenvolvimentos científicos e das dificuldades de permanência numa dada direção tecnológica, por razões tecnológicas, econômicas ou ambas.

Na mesma linha, Malerba & Orsenigo (1996) destacam que o ambiente tecnológico define a natureza dos problemas que as firmas devem solucionar em suas atividades de inovação, os incentivos e restrições a comportamentos particulares e os mecanismos dinâmicos básicos de evolução das firmas, tecnologias e indústrias. O ambiente tecnológico em um dado momento é representado pelo regime tecnológico.

Os regimes tecnológicos são caracterizados em termos de oportunidade, apropriabilidade, condições de cumulatividade e em termos da complexidade da base de conhecimento. As condições de oportunidade estão associadas ao retorno esperado da P&D, enquanto as condições de apropriabilidade são relativas às possibilidades de proteção das inovações de imitação e a obtenção de lucros a partir das atividades inovativas. Cumulatividade significa que as inovações e atividades inovativas atuais formam a base das inovações futuras e que as firmas inovadoras de hoje são provavelmente aquelas que inovarão no futuro em tecnologias específicas e ao longo de trajetórias específicas. Finalmente, os autores acrescentam um quarto elemento – o grau de complexidade da base tecnológica que, em associação aos elementos anteriormente mencionados, estabelecem um forte relacionamento com as estratégias das empresas.

Nesse sentido, sob o arcabouço que define um sistema de inovação, a entrada de novos atores e reconfiguração dos papéis dos atores tradicionais gerou uma condição mais complexa, na qual ocorreu a redefinição do espaço da pesquisa pública, a emergência de novas áreas do conhecimento e incorporação de novas áreas de pesquisa. Também, a atração de investimentos privados pela emergência de novas áreas de pesquisa e abertura de fronteiras do conhecimento. E, finalmente, a expansão dos campos de interesse das OPPs para habilitá-las a participar de processos de inovação coordenados, por meio de redes e sistemas de inovação fez com que essas organizações incorporassem novos campos de interesse e redefiniram seus mandatos (SALLES-FILHO *et al.*, 2000).

Programas de P&D *mission-oriented* devem apoiar o desenvolvimento e implementação de várias diferentes tecnologias que serão empregadas em uma diversidade de arranjos setoriais. Tais programas públicos, destacam Foray *et al.* (2012), devem focar em apoio de longo prazo para o desenvolvimento e melhoria de tecnologias relevantes, ao invés de buscar um *breakthrough* tecnológico momentâneo, imediato. Outro desafio para o desenho de programas *mission-oriented* é o desenvolvimento de critérios e processos para identificar onde e como investimentos públicos podem catalisar, complementar e aumentar de forma útil

o investimento do setor privado em P&D. Uma categoria importante foca na criação de novos conhecimentos e técnicas que ainda estão longe da aplicação comercial, mas que, no entanto, são importantes para solução de problemas futuros. Tais projetos incluem muitos tipos de pesquisa, nos quais a natureza e o alcance da aplicação potencial são incertos e a habilidade de investidores privados capturarem os retornos é provavelmente limitada até se a pesquisa for bem sucedida. Esse tipo de P&D também inclui pesquisa voltada para a superação de barreiras específicas ao desenvolvimento de novas ou melhoradas tecnologias, onde o sucesso de esforços particulares é altamente incerto.

Muito da pesquisa *mission-oriented* no campo da agricultura, energia e biomédica inclui tais projetos, onde os retornos sociais são elevados e os retornos privados são baixos. A natureza global das soluções tecnológicas para os grandes desafios da sociedade significa que as configurações institucionais, econômicas e/ou industriais dentro das quais essas soluções são implementadas serão diversas, exigindo uma grande dose de adaptação “localizada” dessas soluções (FORAY *et al.*, 2012). Portanto, é importante reforçar que a competitividade de longo prazo dessas instituições depende fortemente da transição de serem organizações de P&D para serem organizações de PD&I. Isso significa se mover além do modelo linear para adotar uma abordagem baseada nas interações entre criação de conhecimento e uso do conhecimento (BIN *et al.*, 2013).

### **3.2 As organizações públicas de pesquisa agrícola**

O papel do estado, da iniciativa privada e do terceiro setor no desenvolvimento e financiamento de pesquisas são questões que afetam diretamente as organizações públicas de pesquisa. Acrescente-se a isso, outras variáveis e relações tais como o arcabouço legal de proteção à propriedade intelectual, a biotecnologia como ferramenta no melhoramento genético, a crescente participação das multinacionais no mercado de sementes, conforme observam Castro *et al.* (2006). São questões importantes para as instituições de pesquisa que trabalham com melhoramento genético, por exemplo, como base para discussão do futuro, definição de diretrizes estratégicas no desenvolvimento de novas cultivares, novos produtos, novos processos e, conseqüentemente, novos negócios tecnológicos. Nesse contexto, e tomando como exemplo de ilustração o melhoramento genético, os autores destacam que o mercado brasileiro de sementes é altamente dependente, tanto da inovação tecnológica quanto do ambiente no qual as organizações públicas de pesquisa desempenham seu papel. Esse

ambiente é caracterizado por eventos que provocam mudanças no equilíbrio desse mercado tecnológico, alterando as relações entre a oferta e a demanda de tecnologias e entre os atores desse sistema. Esses eventos incluem as leis de propriedade intelectual e de patentes de materiais vivos, os avanços nas técnicas de melhoramento genético utilizando a biotecnologia, o crescimento econômico do mercado de cultivares e a grande participação de conglomerados multinacionais no mercado de sementes. Esses eventos modificam as relações, o desempenho e o espaço que as instituições públicas e privadas de pesquisa agropecuária ocupam no mercado e induzem uma reflexão mais aprofundada sobre que impactos e desdobramentos poderão trazer, para a atividade de pesquisa no Brasil (CASTRO *et al.*, 2006).

As organizações públicas de pesquisa orientadas por missão estão presentes, particularmente, nos setores agrícola e de saúde. A discussão de três exemplos relacionados de inovações institucionais agrícolas *mission-oriented* associadas com o aumento substancial de produção no século 20 é promovida por Wright (2012). O trabalho focou em três grandes missões: a fundação do *Land-Grant College System*<sup>28</sup> nos EUA; o trabalho do *Office of Special Services* no México e o apoio da Fundação Rockefeller para a produção de trigo e a geração da primeira variedade de arroz de alto rendimento no *International Rice Research Institute* (IRRI) nas Filipinas. Inicialmente, a implementação do *Land-Grant System* nos Estados Unidos da América (EUA) como uma inovação institucional. Em seguida, o autor destaca o planejamento e a implementação das duas grandes “missões” que levaram, de forma bem sucedida, ao aumento de produção do trigo e arroz e que anunciaram o início da Revolução Verde. Assim, o capital humano desenvolvido no *land-grant system* concorreu de forma decisiva para o incremento na produção de grãos e foi crucial para o sucesso dessa missão. Essas ações proporcionaram, por sua vez, os modelos líderes que foram seguidos pelos maiores grupos de centros de pesquisa que hoje constituem o *Consultative Group for International Agricultural Research* (CGIAR).

Os três casos considerados são exemplos primordiais de inovação *mission-oriented* eficaz. Cada missão também demonstrou a importância de um objetivo imediato claramente definido, a necessidade de um conjunto de atividades de pesquisa fundamental e aplicada, e o papel fundamental de experiência acumulada na formulação, financiamento e execução da missão (WRIGHT, 2012).

O papel da avaliação de pesquisa e definição de prioridades, segundo Alston *et al.* (1995), é ajudar a determinar os limites dentro dos quais o questionamento científico livre

---

<sup>28</sup> Educação técnica e superior para a agricultura e pesquisa pública

ocorre. Somente o mérito científico não é suficiente para manter apoio orçamentário para a pesquisa ou estabelecer prioridades de pesquisa estratégicas. Os administradores de pesquisa reconhecem que avaliar o valor social da pesquisa é útil para justificar orçamentos e é essencial para tomar decisões estratégicas sobre investimentos em pesquisa. Assim, devem ser consideradas as implicações de três aspectos do ambiente de pesquisa agrícola.

O primeiro é o cenário institucional para a pesquisa: a natureza dos arranjos de financiamento, considerações legais, os objetivos gerais, a cultura organizacional, e o sistema de incentivos e recompensas. Em segundo lugar, o contexto científico da pesquisa, incluindo as ciências físicas e biológicas gerais e a natureza dos sistemas sendo estudados. Esse contexto ainda inclui a defasagem entre pesquisa e adoção, assim como as diferentes composições de pesquisa básica e aplicada. Em terceiro, há um contexto político, no qual a pesquisa agrícola é somente uma dos vários instrumentos de política e seu impacto é condicionado por outras políticas. Ainda, de acordo com Alston *et al.* (1995), a maioria da literatura sobre pesquisa agrícola, seja de orientação gerencial ou de avaliação, trata a pesquisa e seu conjunto como sendo determinísticos. Porém, o processo é intrinsecamente incerto. A maioria dos setores agrícolas é altamente variável e a variabilidade observável é extremamente imprevisível. A conjunção de um processo de pesquisa incerto com um ambiente físico e econômico incerto é, portanto, a realidade da agricultura.

Especificamente, na agricultura brasileira, as instituições públicas de pesquisa compõem o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA). O SNPA é constituído pela Embrapa, pelas Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária - Oepas, por universidades e institutos de pesquisa de âmbito federal ou estadual, além de outras organizações públicas e privadas, direta ou indiretamente vinculadas à atividade de pesquisa agropecuária. O SNPA tem como objetivos, segundo a Portaria Nº 193, de 07.08.1992, do Ministério da Agricultura:

- Compatibilizar as diretrizes e estratégias de pesquisa agropecuária com as políticas de desenvolvimento, definidas para o País, como um todo, e para cada região, em particular.
- Assegurar constante organização e coordenação das matrizes de instituições que atuam no setor, em torno de programação sistematizada, visando eliminar a dispersão de esforços, sobreposições e lacunas não desejáveis.
- Favorecer o desenvolvimento de um sistema nacional de planejamento para pesquisa, acompanhamento e avaliação.

- Estabelecer um sistema brasileiro de informação agrícola, com formação de banco de dados para a pesquisa e desenvolvimento agropecuário, facilitando o acesso aos usuários e clientes da pesquisa agropecuária.
- Promover o apoio à organização e racionalização de meios, métodos e sistemas com desenvolvimento em informatização das instituições.
- Proporcionar a execução conjunta de projetos de pesquisa de interesse comum, fomentando uma ação de parceria entre instituições, no desenvolvimento de ciência e tecnologia para a agropecuária.
- Coordenar o esforço de pesquisa para atendimento às demandas de regiões, estados e municípios, a fim de proporcionar melhor suporte ao desenvolvimento da agropecuária.
- Promover o intercâmbio de informações e documentação técnico-científica, nas áreas de interesse comum.
- Favorecer o intercâmbio de pessoal, para capacitação e assessoramento interinstitucional.
- Possibilitar apoio técnico, administrativo, material e financeiro entre instituições integrantes, na medida das necessidades e interesses da programação e missões a desempenhar.

O modelo de desenvolvimento agropecuário que prevaleceu até os anos 1970 foi substituído por um modelo diferente e a partir dos anos 1990 o Brasil entrou em uma nova fase do desenvolvimento agrário, com forte expansão da produção e da produtividade cuja meta passou a ser o desenvolvimento e a consolidação de uma atividade moderna. Essa atividade é fortemente baseada em ciência, com ações abrangentes para a adaptação e a geração de conhecimentos e tecnologias para os biomas brasileiros, permitindo, assim, a diversificação dos sistemas agropecuários e florestais (PEREIRA *et al.*, 2012; SALLES-FILHO & BIN, 2014).

No período de 1994 a 2011, a cadeia produtiva agropecuária (insumos, agropecuária, agroindústria e distribuição) respondeu, em média, por aproximadamente 25% do PIB. Hoje, o desafio é continuar se desenvolvendo, de forma sustentável, em tempos de mudanças rápidas e rompimento de paradigmas. Assim, a necessidade de identificar sinais de mudanças relevantes e fornecer informações que apoiem a tomada de decisão, aumentar a capacidade de responder às oportunidades e aos riscos é insumo essencial para o

desenvolvimento tecnológico da agropecuária no futuro. Portanto, o objetivo deve ser a antecipação de tendências e a garantia de um ajuste permanente das prioridades de pesquisa e transferência de tecnologia, com vistas à inovação (EMBRAPA, 2014). Evidencia-se, dessa forma, a transição definitiva de um modelo ofertista para um modelo de inovação na pesquisa agropecuária.

Entretanto, conforme destacam Salles-Filho & Bin (2014), a agricultura produtivista ainda não acabou, mas o modelo das grandes organizações de pesquisa como protagonistas do produtivismo sim. Uma primeira evidência dessas mudanças é o aumento da participação no mercado de empresas de sementes e a redução da participação de cultivares de OPPs na produção agrícola mundial e brasileira. Ainda, os bens gerados pela pesquisa agrícola não cumprem mais o perfil de bens públicos, mas são bens “clube”, pois sempre há possibilidade de apropriação.

Outra questão é o problema do isolacionismo intelectual em que a economia agrícola e a sociologia rural discutiam novos papéis para a pesquisa agrícola, com ênfase nos novos papéis das OPPs, enquanto ciência, tecnologia e inovação estavam no centro das políticas de desenvolvimento, com um enfoque sistêmico. Desse modo, a agricultura era tratada como um capítulo a parte do capitalismo em pleno século 21, dissociando o processo de desenvolvimento científico e tecnológico e a inovação na agricultura de um processo mais amplo (SALLES-FILHO & BIN, 2014).

As principais consequências das mudanças implementadas pelas OPPs ao longo dos anos 1980 e 1990, segundo Salles-Filho *et al.* (2000), tem sido a adoção de modelos de gestão mais sofisticados, especialmente em termos da configuração e sistematização de práticas de prospecção, programação, monitoramento e avaliação das atividades de pesquisa, assim como a incorporação nessas práticas da perspectiva de promoção da inovação na agricultura.

Alguns destaques dessa evolução são a consolidação de processos de planejamento estratégico, uma estrutura de gestão de pesquisa baseada em programas temáticos, programas organizados por tipo de pesquisa ou arranjos de colaboração, um portfólio misto de projetos com financiamento interno e externo, uso crescente de mecanismos competitivos para seleção de projetos, participação em maior ou menor extensão de diferentes atores dos sistemas de inovação agrícola na prospecção, priorização e definição de temas de pesquisa, além da adoção de práticas de propriedade intelectual e transferência de tecnologia e políticas com o objetivo de comercialização e difusão do conhecimento e tecnologias produzidas. Isso demonstra o estabelecimento de vínculos mais fortes entre a

P&D e as necessidades de todos os setores da sociedade, e não apenas a agricultura. (BIN *et al.*, 2013). A evolução dos modelos para o planejamento e execução das atividades de pesquisa e inovação no setor agrícola são discutidos por Mendes (2009). A autora destaca a passagem de um modelo ofertista, caracterizado por maior liberdade para os pesquisadores e disponibilidade de financiamento substancial para um modelo orientado para a demanda, e daí para um modelo misto indicando um papel mais estratégico da P&D.

### **3.3 Definição de prioridades e seleção de projetos nas organizações públicas de pesquisa**

O estabelecimento de prioridades em ciência e tecnologia é essencialmente um processo político complexo envolvendo vários atores que interagem entre si. Desse modo, para o entendimento de qualquer sistema de definição de prioridades, três questões precisam ser respondidas, como indica Stewart (1995):

- a) Quem está fazendo as escolhas?
- b) Quais os incentivos com os quais se confronta?
- c) Em que nível a escolha está sendo feita?

Uma prioridade é, literalmente, algo que se faz primeiro. Na prática, as prioridades, até mesmo quando explicitamente articuladas são nada mais do que um guia para a tomada de decisão. Em sistemas complexos, a noção de sequência não se aplica e as prioridades são mais utilmente consideradas como formas de destacar questões importantes para atenção, ao invés de métodos detalhados para gerir a alocação de recursos.

Para a definição de prioridades de pesquisa em organizações públicas, os benefícios esperados da pesquisa não são sempre econômicos ou até mesmo necessariamente quantificáveis e, assim, a alocação de recursos deve representar tanto quanto possível as preferências da sociedade como um todo e não simplesmente aquelas dos membros da organização que faz a pesquisa. Portanto, a gestão e o planejamento para P,D&I adicionam complexidade ao processo, dado que a relação entre o que é executado num momento inicial e a emergência dos benefícios no futuro, é por definição, incerta.

Stewart (1995) utiliza uma abordagem de sistemas para proporcionar uma melhor compreensão da maneira pela qual as escolhas são feitas. Nessa perspectiva, três modelos quase-normativos podem ser identificados: o modelo baseado no usuário; o modelo

institucional e o modelo político. A Tabela 3.1 caracteriza cada modelo de acordo com a identidade daqueles que definem as prioridades, os incentivos por meio dos quais determinam suas escolhas e o grau de centralização da tomada de decisão.

**Tabela 3.1** Uma tipologia da definição de prioridades sistêmica

	<b>Baseado no usuário</b>	<b>Institucional</b>	<b>Política</b>
<b>Quem escolhe</b>	Usuários (firmas, cidadãos)	Cientistas	Interesses organizados
<b>Nível de tomada de decisão</b>	Descentralizado	Descentralizado	Centralizado ou Descentralizado (pluralista)
<b>Incentivos a quem escolhe</b>	Necessidades dos usuários	Recompensas pela pesquisa	Benefícios de grupos e custos

Fonte: adaptado de Stewart (1995)

O modelo baseado no usuário constitui um arranjo do tipo mercado, proporcionando um equilíbrio entre a demanda e oferta de pesquisa. A grande vantagem desse arranjo análogo a mercado é que ambos são descentralizados e traz uma medida muito maior de “*demand pull*” do que seria possível usando arranjos institucionais e políticos. Aqueles interessados nos resultados da pesquisa, os *stakeholders*, tem uma perspectiva mais prática sobre custos e benefícios, o que pode faltar aos cientistas, mas por outro lado, os usuários podem não ser capazes de compreender a importância de pesquisa de longo prazo e estratégica. O modelo também direciona a atenção do formulador de políticas públicas para os problemas resultantes das capacidades de influência dos diferentes tipos de usuários. A pesquisa pública ocorre dentro de organizações públicas, cada uma com seus próprios controles internos e relações com o ambiente e, nesse contexto, no planejamento de seus trabalhos, os cientistas são influenciados por seus valores e objetivos pessoais e pelos incentivos e desincentivos oferecidos por suas instituições.

Assim, uma perspectiva institucional direciona a atenção para os incentivos que atuam sobre os tomadores de decisão dentro da organização e, desse modo, exige que os tomadores de decisão tenham um entendimento claro da maneira pela qual os arranjos existentes definem e influenciam as prioridades a serem estabelecidas. Portanto, a mudança de prioridades torna-se uma tarefa de mudança de incentivos e, conseqüentemente, constante monitoramento é necessário para traçar o efeito dos novos incentivos. A política é frequentemente pensada como indicadora de uma trajetória de certo modo arbitrária na direção da pesquisa.

As preferências daqueles com autoridade para alocar recursos à pesquisa exercem uma influência profunda sobre o estabelecimento de prioridades. Essa característica da forma como o sistema político funciona pode ser positiva ao se empregar processos de consulta e barganha na definição de prioridades, ou pode ser negativa quando fundada em interesses localizados e nebulosos. Assim, quanto maior o *input*, ou seja, quanto mais os interesses estiverem organizados e representados, mais provavelmente, os *trade-offs* se aproximarão dos interesses da sociedade. Desse modo, é fundamental que a definição de prioridades seja entendida em sua forma multidimensional (STEWART, 1995).

Lima *et al.* (2005) analisaram o contexto internacional e o sistema alimentar mundial em mudança e identificaram influências relevantes, originadas nestes sistemas, que podem impactar o desempenho atual e futuro das organizações de pesquisa. Relativamente ao tema “gestão de portfólio de projetos de P&D”, foram analisados seus quatro elementos constituintes, quais sejam: organização do portfólio, seleção de projetos, acompanhamento e avaliação de projetos e equilíbrio da composição do portfólio.

No que diz respeito à classificação de importância futura dos diversos elementos de “*seleção de projetos*” o trabalho indicou que a definição de prioridades estratégicas deverá prevalecer sobre o interesse particular ou individual; que haverá uma sistematização cada vez maior dos métodos seletivos e que a avaliação externa deverá prevalecer sobre a interna, no processo seletivo. Os elementos de seleção que vão exigir maior esforço de inovação institucional das organizações de pesquisa agropecuária públicas são os de indução por meio de editais e de participação externa no processo seletivo.

Quanto à evolução prevista de importância, o maior crescimento é para a participação externa na avaliação e priorização, além de indução e uso de critérios e métodos sistemáticos na seleção de projetos. Esses resultados indicam o abandono de procedimentos/critérios pouco estruturados e da gestão *laissez-faire* na seleção de projetos, em consistência com movimentos globais, de organizações de P&D, nessa direção. Isso demandará um esforço de inovação institucional e desenvolvimento de competências, principalmente para a inclusão de participação externa e o uso de critérios e métodos sistemáticos.

Como a pesquisa do setor público tende a perseguir múltiplos objetivos, a definição de prioridades requer uma abordagem multicritério. Diversos métodos de decisão multicritério tem sido desenvolvidos para apoio a tomada de decisão, entretanto, há uma ausência percebida de conhecimento sobre o processo de tomada de decisão, incluindo a definição de critérios. Assim, um dos problemas para a priorização gira em torno da definição

de critérios de decisão de forma a equilibrar as demandas das diferentes partes interessadas. Para Braunschweig *et al.* (2001) critérios bem definidos são essenciais para a tomada de decisões complexas e, em função disso, propõem um modelo (*framework*) para orientar o desenvolvimento e estruturação de critérios para a tomada de decisões sobre a pesquisa do setor público e aplicam esse modelo no caso de definição de prioridades para um programa de pesquisa de biotecnologia agrícola no Chile. A estrutura conceitual apresentada ajuda os decisores na identificação e seleção de critérios para a definição de prioridades no setor público de pesquisa agrícola. O processo tem início a partir da ampla consideração dos objetivos nacionais de desenvolvimento e, gradualmente, incorpora objetivos específicos (do setor agrícola, científicos e tecnológicos), os recursos disponíveis, as condições prevalentes, as necessidades dos clientes, as alternativas de pesquisa e a disponibilidade de dados. A fase inicial de geração de critérios proporciona uma estrutura hierárquica dos critérios. Uma segunda fase avalia a relevância dos critérios de forma a garantir que todos os aspectos importantes para a avaliação das alternativas de pesquisa estão incluídos e procura eliminar critérios irrelevantes para a decisão específica. Em conjunto com a terceira fase, a verificação da disponibilidade de dados, leva a uma redução significativa da lista de critérios. No caso chileno, a lista original foi reduzida em mais de 30%. Para os autores, o modelo melhorou a eficácia do processo de tomada de decisão, porque tornou explícitos os critérios para os participantes, proporcionou aprendizado sobre o que torna um projeto valioso e isso tem ajudado os pesquisadores a melhorar a qualidade de suas propostas. Ainda, o procedimento sistemático impediu que grupos de interesse influenciassem indevidamente o processo e a estrutura proposta ajudou a documentar a justificativa para as escolhas. Esta transparência melhorou a comunicação com outras partes interessadas que não estavam envolvidas no processo. Por fim, o modelo ajudou a superar as dificuldades do programa de biotecnologia do Chile para definir critérios de seleção dos projetos.

Braunschweig & Becker (2004) documentaram o processo de tomada de decisão e examinaram a aplicação do AHP como ferramenta de apoio à decisão em um exercício formal de definição de prioridades empreendido pelo *Swiss Centre for International Agriculture* (ZIL). O AHP ajudou a estruturar o problema multicritério de decisão, atribuindo pesos aos critérios e avaliou as contribuições esperadas das alternativas aos objetivos previamente definidos. O resultado do processo foi uma lista priorizada de áreas potenciais de pesquisa para um programa do ZIL. O exercício de priorização foi realizado de forma participatória envolvendo os membros e a direção do ZIL em várias etapas do processo. O Analytic Hierarchy Process (AHP) é uma abordagem metodológica adequada que ajuda a desenhar um

processo altamente estruturado. A estrutura rigorosa ajudou a desenvolver um entendimento comum do problema de decisão e aumentou a eficiência da tomada de decisão em grupo. A simplicidade e lógica intuitiva da ferramenta de apoio à decisão facilitou ampla participação e, portanto, foi eficaz em obter decisões baseadas em consenso. O potencial do AHP para lidar de forma bem sucedida com problemas de decisão multicritério foi confirmada e o rigor analítico e transparência do método aumentou a confiança no processo de decisão. A Tabela 3.2 exibe a lista dos critérios e sub-critérios utilizados no exercício de priorização realizado pelo ZIL.

**Tabela 3.2** Critérios e sub-critérios para priorização em P,D&I

<b>Critérios</b>	<b>Sub-critérios</b>
<b>Relevância para o desenvolvimento</b>	Redução da pobreza Uso sustentável dos recursos naturais Desenvolvimento econômico do setor agrícola Segurança alimentar e saúde
<b>Relevância da pesquisa</b>	Inovação Relevância a nível internacional Abordagem multidisciplinar Relacionamento com pesquisa básica e estratégica
<b>Efeitos adicionais desejados</b>	Financiamento pelo terceiro setor Estímulo à pesquisa adicional orientada ao desenvolvimento Sinergia com outros programas de pesquisa
<b>Construção de capacidade</b>	Parcerias de pesquisa com instituições internacionais Fortalecimento institucional e desenvolvimento de capital humano
<b>Competência</b>	Competência e capacidade disponível na instituição Existência de grupo comprometido entre os membros Complementar a outra instituição de pesquisa Interesse dos diversos membros da instituição

Fonte: adaptado de Braunschweig & Becker (2004)

Um modelo teórico para alocação ótima de recursos na pesquisa agrícola foi desenvolvido por Dinar (1991) e aplicado para doze culturas agrícolas em Israel. A alocação real e a discrepância entre a alocação real e a alocação ótima de recursos para pesquisa das culturas consideradas é explicada em um modelo de regressão por dois grupos de variáveis: variáveis de política (valores domésticos e de exportação, novos assentamentos, estabelecimentos) e variáveis de pressão política (concentração de produção, grau de organização dos produtores). Os resultados corroboram estudos anteriores ao demonstrar que a pressão política exerce um papel principal no processo de alocação de recursos para pesquisa agrícola. Além disso, constata que a alocação real de recursos também é afetada por

outros fatores, tais como, o prestígio do pesquisador, a existência de grupos de interesse e outras considerações indiretas afetando a política como um todo.

O trabalho de Sampat (2012) documenta as tensões entre as missões de saúde e ciência dos *National Institutes of Health* (NIH) dos Estados Unidos e considera como ela tem administrado essas tensões de forma a sustentar um apoio bipartidário, o que é incomum na saúde e política de pesquisa americana. O orçamento dos NIH é de cerca de 30 bilhões de dólares e financiam um sistema de aproximadamente 50 mil bolsas competitivas, apoiando mais de 325 mil pesquisadores em mais de três mil universidades, faculdades de medicina e outras instituições de pesquisa em cada estado dos Estados Unidos e em todo o mundo. Essas subvenções representam 80% do orçamento da agência e outros 10% são usados para empregar diretamente seis mil pessoas em seus próprios laboratórios. Dessa forma, o NIH é a maior financiadora individual de pesquisa biomédica no mundo. São principalmente os laboratórios do governo e das universidades apoiadas pelo governo que investem na pesquisa responsável pela produção dos novos fármacos – as novas entidades moleculares (NEM) com classificação prioritária e 75% das NEMs são financiadas por recursos públicos dos Institutos Nacionais de Saúde (NIH) dos Estados Unidos (SAMPAT, 2012; MAZZUCATO, 2014).

O NIH é um corpo coletivo de 27 institutos e centros, tais como o *National Cancer Institute* ou o *Center for Information Technology* e cada centro é responsável por administrar e financiar a pesquisa com foco em um problema de saúde específico. A pesquisa financiada pelo NIH levou ao desenvolvimento de tecnologias inovadoras tais como a ressonância magnética e 138 pesquisadores financiados pelo NIH receberam o Prêmio Nobel em áreas como a química, economia, medicina e física. Tais evidências apoiam a visão de que os NIH são uma fonte crítica de apoio para o desenvolvimento científico e crescimento econômico por meio do patrocínio de pesquisa acadêmica em saúde e apoio à inovação no setor privado (PARK *et al.*, 2015).

Apesar da popularidade do NIH ao longo do tempo, tem havido tensões entre os aspectos científicos e de saúde de sua missão. Enquanto a comunidade científica enfatiza o aspecto do “conhecimento fundamental” da missão do NIH, a sociedade, congresso americano e outros tem defendido maior ênfase na geração de resultados imediatos para o combate a doenças. Assim, a questão central discutida por Sampat (2012) é como a NIH tem sido tão bem sucedida em obter apoio para a ciência. O autor argumenta que o processo de alocação da NIH, na prática é muito mais orientado em direção a considerações científicas do que de saúde, de forma que isso sozinho não é capaz de explicar o apoio político. Apesar do foco de seus mecanismos principais de financiamento enfatizar os aspectos relativos ao avanço

científico sobre aqueles relacionados ao combate à doenças propriamente ditas, há outros mecanismos no processo que de fato permitem que seja mais orientado em determinadas ocasiões ajudando a diluir as pressões do Congresso e outros grupos. Ainda, a administração do NIH tem trabalhado com grupos de interesse para aumentar seus orçamentos, cultivando relações com membros poderosos do Congresso e desenvolvendo ampla parceria com centros médicos acadêmicos, universidades e grupos de interesse em determinadas doenças para manter apoio no orçamento da agência. Além de seu orçamento, o Congresso faz alocações específicas aos institutos e centros individuais e o fato de que o NIH e seu financiamento são organizados por institutos é reflexo de sua necessidade de apelar para o tema “saúde” ao invés de ciência para obter apoio político.

O processo de seleção de projetos do NIH estabeleceu a revisão por pares em 1947 (*dual peer review*). No primeiro estágio, comitês de cientistas ordenam as propostas com base em mérito científico, atribuição de escores e fazem recomendações de financiamento. Em um segundo estágio, Conselhos Consultivos dos Institutos (geralmente dois terços dos quais são cientistas) revisam essas submissões e escores e recomendam um subconjunto de propostas ao diretor do instituto para consideração. Enquanto, em princípio, o conselho consultivo possa levar em consideração a relevância do instituto ou prioridades, incluindo as considerações de “saúde”, na prática é incomum haver um desvio dos escores ou considerações de mérito científico das propostas. Assim, uma explicação geral para o apoio amplo ao NIH é a crença geral de que o modelo funciona e que essas tensões entre ciência básica e saúde são inerentes a pesquisa em saúde *mission-oriented* (SAMPAT, 2012).

Park *et al.* (2015) estudaram a preferência revelada pelo NIH na seleção de projetos comparando as características de projetos selecionados adicionalmente para financiamento em função do *American Recovery and Reinvestment Act* (ARRA)<sup>29</sup>, de 2009, em relação aqueles financiados regularmente. Os autores concluíram que os projetos financiados regularmente são, em média, de qualidade superior, medido pelo número de publicações por projeto e o impacto dessas publicações. Ainda, comparados aos projetos ARRA<sup>30</sup>, os projetos regulares apresentaram maior capacidade de produção de artigos de mais

---

<sup>29</sup> Em 2009, o governo americano destinou US\$831 bilhões em um pacote de estímulo a economia. Um dos principais propósitos do ARRA é fazer “investimentos necessários para aumentar a eficiência econômica estimulando avanços tecnológicos em ciência e saúde”. Esse fundo fluiu pela economia americana através de várias agências governamentais, incluindo o NIH como parte do *Department of Health and Human Services*. Ao NIH foram alocados US\$10,4 bilhões de dólares, tanto para administração quanto para a pesquisa.

<sup>30</sup> Um total de US\$1,73 bilhão de dólares foram concedidos para financiamento de projetos exclusivamente direcionados a propostas que foram previamente avaliadas e que foram submetidas a oportunidades de financiamento não relacionadas ao ARRA. O NIH anunciou que consideraria propostas de financiamento que

elevado impacto e são mais alinhados ao propósito do financiamento. As diferenças na qualidade dos projetos são explicadas pelos atributos observáveis dos projetos e equipes de pesquisa, sugerindo que o NIH pode utilizar esses atributos como sinais para identificar qualidades básicas dos projetos. Assim, os resultados sugerem que a seleção de projetos no NIH está alinhada à sua missão, contrastando dessa forma, com a frequente crítica de que o NIH é extremamente avesso ao risco e injustificadamente favorece pesquisadores experientes.

Esses mesmos autores descrevem o processo de seleção de projetos de P&D no NIH. Quando a necessidade de estudo em uma área específica é identificada, um dos centros publica uma FOA (*Funding Opportunity Announcement*). Há dois tipos principais de FOAs: a *Request for Applications* (RFA) e o *Program Announcements* (PA). Uma RFA demanda propostas de pesquisa em uma área de estudo rigorosamente definida, enquanto a PA objetiva apoiar projetos de pesquisa em uma área mais ampla. Todas as propostas de pesquisa devem ser submetidas em resposta a uma FOA. Uma vez recebida a proposta, a primeira avaliação é um processo de revisão por pares com foco no mérito científico de cada proposta. Os revisores, selecionados de forma que não haja conflito de interesses atribuem uma pontuação com base em um sistema que vai de 1 a 9, onde 1 indica “excepcional” e 9 “pobre”. Um comitê faz uma revisão dos escores, estabelece uma linha de corte (*payline*) e prioriza os projetos. As propostas cujos escores se situam além da linha de corte não são financiadas para o período. Há três ou quatro reuniões do comitê por ano fiscal, e dependendo, há três datas limite padrão para recebimento de propostas e ciclos de avaliação. Dependendo do período, a linha de corte tem pesos diferentes na seleção de projetos, em função do orçamento e do ano fiscal e o congresso americano determina que a duração média de projetos do NIH seja de quatro anos. Ainda assim, Park *et al.* (2015) afirmam que pouco se sabe sobre a “preferência” do NIH na seleção de projetos visto que a instituição não revela como realmente seleciona os projetos.

Silva & Bassi (2013) analisaram a percepção sobre o alinhamento entre o planejamento estratégico e os critérios utilizados para priorizar projetos de pesquisa na Fiocruz do Paraná (Fiocruz<sup>31</sup>-PR). Os autores observaram que não há, na Fiocruz como um

---

tinham sido previamente avaliadas e obtiveram escores meritórios, mas que não obtiveram financiamento em função de restrições orçamentárias.

<sup>31</sup> A Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) é uma instituição de ciência e tecnologia em saúde vinculada ao Ministério da Saúde (MS). As atividades realizadas pela Fiocruz compreendem especialmente a pesquisa biomédica e a formação em ciência e tecnologia em saúde; a pesquisa clínica e atenção de referência em doenças infecciosas e na área da saúde da mulher, criança e adolescente; a pesquisa epidemiológica e social; a pós-graduação em saúde pública e a formação de nível técnico em saúde; o desenvolvimento tecnológico em saúde; a produção de imunobiológicos, reagentes e medicamentos; a preservação do patrimônio histórico cultural da sa

todo, uma padronização em relação à metodologia utilizada para priorizar os projetos e cada unidade utiliza a metodologia que julgar mais adequada, sendo mais comum a realização de oficinas, assembleias e conselhos deliberativos internos. O processo de priorização de projetos na Fiocruz-PR é feito em duas etapas: avaliação técnica e de viabilidade econômico-financeira e validação pelo conselho deliberativo. A equipe que avalia e valida os projetos tem a função de verificar a adequação dos projetos às linhas de pesquisa e macroprojetos estabelecidos no Plano Quadrienal e Plano Anual da unidade. Os critérios relativos ao mérito científico, vinculação ao planejamento estratégico da instituição, disponibilidade orçamentária e infraestrutura disponível na unidade são usados como critérios para aprovar os projetos de pesquisa (SILVA & BASSI, 2013).

Promovendo uma discussão sobre a reorganização institucional que gerou novos modelos de gestão da pesquisa em quatro instituições públicas agrícolas (ARS-EUA, AAFC-Canadá, Embrapa-Brasil, INIA-Uruguai), Bin *et al.* (2013) observaram que todas têm um portfólio de projetos misto, envolvendo financiamento interno ou externo, com a pesquisa sendo desempenhada internamente, evidenciando, dessa forma, um viés endógeno da programação. A seleção de projetos é realizada por meio de processos competitivos internos ou por *peer review* e a programação de pesquisa foca teoricamente na tradução das metas estratégicas organizacionais, que são sempre muito amplas, em programas e projetos que atuam como uma estrutura (*framework*) para execução da pesquisa.

Especificamente, destacam Bin *et al.* (2013), a Embrapa, que será objeto de estudo em capítulo posterior desse trabalho, estrutura seus programas de acordo com uma combinação de forma e conteúdo, com predomínio da ênfase em ciência e tecnologia, a complexidade da pesquisa e os desafios envolvidos. No processo de priorização, essa organização consulta atores externos, por meio de órgãos colegiados, que atuam tanto no nível estratégico quanto operacional e os projetos são selecionados por meio de mecanismos competitivos (chamadas para propostas) de acordo com a agenda estratégica institucional, num processo típico de revisão pelos pares, sendo os principais critérios para aprovação de projetos são mérito científico e interesse estratégico. No caso do *Agriculture and Agri-Food Canada* (AAFC) também são utilizados mecanismos competitivos, nos quais os projetos para cada tema principal são revisados por um comitê formado por pesquisadores externos, que baseiam seu julgamento em um conjunto previamente definido de critérios (mérito científico, viabilidade e contribuição para a criação de inovações de interesse público). O *Instituto*

*Nacional de Investigación Agropecuaria* (INIA), do Uruguai, conta com conselhos consultivos regionais e grupos de trabalho temáticos nos quais participam membros externos. Esses colegiados se engajam em prospecção sistemática para orientar a composição do portfólio de projetos, assim como o monitoramento e avaliação de projetos. Os projetos são selecionados com base nas prioridades identificadas e uma avaliação por pares, anteriormente realizada por membros externos, a partir de critérios relacionados ao potencial impacto econômico, social e ambiental, bem como a qualidade científica. Finalmente, o *Agricultural Research Service* (ARS-USDA), dos Estados Unidos, promove periodicamente *workshops* com pesquisadores externos e internos para discutir planos de ação específicos para os vários programas nacionais que servem como um *framework* para seleção de projetos de pesquisa. O ARS tem uma unidade dedicada a avaliar a qualidade científica dos projetos (o qual organiza painéis científicos com membros externos), assim como medem sua relevância em termos de alinhamento à missão e planejamento estratégico, e necessidades da agricultura americana (BIN *et al.*,2013).

A incapacidade dos países da América Latina e Caribe de estabelecerem vínculos virtuosos entre os atores sociais relevantes envolvidos na produção e uso da C&T é destacada por Velho (2005). Apesar de responderem por 70% da P&D em seus países, as universidades e organizações públicas de pesquisa não têm criado mecanismos de identificar as necessidades dos usuários e estabelecem sua agenda de pesquisa com base nos critérios científicos alinhados ao *mainstream* internacional da ciência. Assim, a identificação de prioridades de pesquisa para alocação de recursos tem sido tradicionalmente, uma tarefa delegada à comunidade científica e não, negociada com potenciais usuários. A crise fiscal dos anos 1980 e as mudanças nas políticas econômicas relativamente ao papel do estado na economia exigiram um processo de reorganização dos OPPs em termos da definição das agendas de pesquisa, estímulo à interdisciplinaridade, aquisição de competências em planejamento, gestão, monitoramento e avaliação. Entretanto, para serem consistentes com uma abordagem sistêmica da inovação, as interações entre os atores de um sistema de inovação precisam ser fortalecidas *ex-ante*, ou seja, na definição da agenda de pesquisa (VELHO, 2005).

Pouca atenção tem sido dada ao processo decisório e à priorização na política de C&T chinesa, segundo Benner *et al.* (2012). A definição de prioridades na política de C&T chinesa é construída em diferentes níveis com o primeiro nível estabelecido em função da ideologia e estratégia nacional de forma geral. O segundo nível compreende a formulação de planos de médio e longo prazo, o terceiro lida com o desenho dos programas nacionais de

C&T enquanto o quarto se estabelece no âmbito da organização de pesquisa. Entretanto, essas demandas vão ao encontro de questões e problemas amplamente conhecidos no sistema de C&T chinês e, em alguns casos, podem até ser incentivados pelo governo, deixando aos especialistas a indicação de áreas problema (BRENNER *et al.*, 2012).

O estabelecimento de prioridades para P&D no setor público é uma tarefa complexa dada a concorrência de fatores políticos e científicos, ou seja, a presença de múltiplos atores e diferentes interesses no processo. Essas questões e desafios são examinados por Dalrymple (2006) no caso da pesquisa agrícola internacional – o *Consultative Group on International Agricultural Research* (CGIAR) – e essas questões são ilustradas em termos de suas dimensões direcionadas pela oferta e demanda (*supply* e *demand-driven*).

A percepção das formas mais apropriadas de executar a definição de prioridades também pode variar em função da localização do ator, de que forma ele é influenciado pelo tema e o período de tempo. Nesse sentido, variáveis macro e micro, bem como forças exógenas e endógenas têm que ser consideradas juntas e reconsideradas novamente enquanto as percepções e estratégias mudam. Dalrymple (2006) conclui que cada uma das abordagens - *supply* e *demand-driven* - têm suas limitações. Do lado da oferta, uma imposição de cima para baixo que pode gerar até mesmo um hiato entre a ciência e a prática. Do lado da demanda, os produtores, influenciados por suas necessidades imediatas podem ter uma visão de curto prazo sobre suas necessidades de pesquisa e, em termos econômicos, são mais propensos a favorecer pesquisas que proporcionem excedentes ou pesquisa que os beneficie em detrimento dos consumidores. Assim, a abordagem da demanda é limitada em sua habilidade para orientar a definição de prioridades a um nível macro em função da ampla diversidade de sua clientela e da complexidade de seus sistemas. Portanto, o desafio é desenvolver mecanismos capazes de combinar os melhores e mais apropriados aspectos de cada uma (DALRYMPLE, 2006).

Ainda no âmbito internacional, o governo coreano tem introduzido uma estratégia de “foco seletivo e concentração” na qual os recursos de P&D são distribuídos, principalmente, em áreas de importância estratégica de acordo com as necessidades estratégicas futuras, competitividade tecnológica e a agenda de crescimento e desenvolvimento nacional. Uma das questões desafiadoras é identificar as áreas núcleo nos quais os recursos de P&D devem ser alocados. Em função disso, Lee e Song (2007) sugerem o método “*Technology Cluster Analysis*” (Análise de *Cluster* de Tecnologias) para a seleção de áreas estratégicas de pesquisa aplicada a programas nacionais de P&D em nanotecnologia na Coreia. “*Technology Cluster Analysis*” é um método que promove o agrupamento de

diversas tecnologias com características similares baseado na distância ou proximidade tecnológica e pode ser usado no planejamento de programas de P&D para tecnologias emergentes. Como a filosofia da “*Technology Cluster Analysis*” está relacionada à construção de um mapeamento cognitivo baseado na opinião de especialistas, ele é mais útil no planejamento de programas de P&D nacionais. E particularmente no planejamento de programas de P&D em áreas emergentes, dada a escassez de informações oriundas de patentes e artigos acadêmicos.

O trabalho de Lee e Song (2007) envolveu a elaboração de uma lista com 56 nanotecnologias prioritárias que foram selecionadas com base em seis padrões estratégicos, tais como: importância estratégica, nível de desenvolvimento tecnológico, possibilidade de desenvolvimento tecnológico, versatilidade, efeito econômico e, efeito social e tecnológico. Como resultado da análise de *cluster*, 42 tecnologias foram agrupadas em três *clusters* relacionados a nano-materiais, nano-dispositivos e nano-bio. Assim, pela análise de cada *cluster*, os pesquisadores podem obter informação sobre as similaridades e diferenças entre tecnologias específicas; enquanto os formuladores de políticas e gestores de P&D podem usar a informação para a seleção e gestão de projetos de P&D.

O desenvolvimento de um modelo combinando o AHP para integrar as expectativas dos diferentes grupos de interesse na avaliação de objetivos/critérios e uma abordagem *fuzzy* para gerar um escore nos julgamentos subjetivos dos especialistas é apresentado por Hsu *et al.* (2003). Governo e academia se preocupam com benefícios sociais, os pesquisadores com propriedade intelectual e publicações e a indústria enfatiza a importância da viabilidade econômica. O método foi aplicado em um instituto nacional de pesquisa em Taiwan (*The Industrial Technology Research Institute - ITRI*) e os resultados revelaram que a abordagem pode resolver a disparidade entre o conhecimento profundo exigido para avaliação e as diferentes expectativas dos diversos grupos de interesse. A abordagem *fuzzy*, segundo os autores, teria se mostrado adequada a seleção de projetos de P,D&I de fronteira tecnológica por causa da imprecisão da natureza da fronteira tecnológica e das dificuldades em avaliar quantitativa e acuradamente.

Para um financiamento público de projeto pode ser mais importante obter um resultado aceito pelos diferentes grupos de interesse do que um bom resultado técnico. Para resolver esse dilema, os autores propõem uma abordagem *fuzzy* multicritério. Algumas vantagens do AHP, segundo Hsu *et al.* (2003) são a facilidade de uso, intuitividade<sup>32</sup> e

---

<sup>32</sup> Para programas de P,D&I de novas fronteiras tecnológicas, onde os objetivos são tecnologias avançadas radicais e fortes impactos econômicos, os critérios são difíceis de quantificar e os resultados altamente incertos.

construção de consenso. Desse modo, um bom método de seleção deve ser também um “auxílio à decisão” para facilitar a comunicação e melhorar a qualidade dos projetos (HENRIKSEN & TRAYNOR, 1999; SCHMIDT & FREELAND, 1992).

Em suma, as organizações públicas de pesquisa (OPPs) estão diante de um cenário no qual a necessidade de definição de formas mais eficientes de conduzir suas atividades se impõe e para o cumprimento de sua missão elas devem incorporar a lógica da inovação. A incorporação da lógica da inovação, o surgimento de novas tecnologias, disciplinas e temas de pesquisa exigem formas mais complexas de organização das atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I) e, não mais, somente pesquisa e desenvolvimento (P&D<sup>33</sup>). Assim, a necessidade de identificar sinais de mudanças relevantes e fornecer informações que apoiem a tomada de decisão, aumentar a capacidade de responder às oportunidades e aos riscos é insumo essencial para o desenvolvimento tecnológico da agropecuária no futuro. Portanto, o objetivo deve ser a antecipação de tendências e a garantia de um ajuste permanente das prioridades de pesquisa dentro de um sistema complexo de CTI.

As OPPs têm adotado modelos de gestão mais sofisticados, especialmente em termos da configuração e sistematização de práticas de prospecção, programação, monitoramento e avaliação das atividades de pesquisa, assim como a incorporação nessas práticas da perspectiva de promoção da inovação na agricultura. A alocação de recursos para pesquisa agrícola em uma OPP é determinada não apenas por pressões políticas, mas também pelo prestígio do pesquisador e por grupos de interesse. Nesse contexto, forças exógenas e endógenas têm que ser consideradas de forma permanente em função da dinâmica do ambiente de atuação das instituições de pesquisa agrícola. De qualquer forma, predominam processos competitivos, os critérios relativos ao mérito científico, o alinhamento estratégico aos objetivos institucionais e tudo isso fundado principalmente em revisão pelos pares (entenda-se como pares, pesquisadores e gestores de PDI).

No intuito de atender às especificidades da gestão de P,D&I, principalmente aquelas relativas à incerteza e complexidade do processo, notadamente quanto à definição de prioridades de pesquisa e seleção de projetos de P,D&I, o próximo capítulo desenvolverá uma abordagem metodológica cujo objeto é a gestão da programação de pesquisa da Embrapa. Para tal, utilizará como modelo de análise a Matriz de Stacey. Dessa forma, procuraremos contribuir à questão de pesquisa que norteia este trabalho, relativa aos fundamentos, diretrizes

---

Assim, modelos de seleção de projetos de P,D&I que permitem julgamento intuitivo tendem a ser mais aceitos do ponto de vista do usuário do modelo (HSU *et al.*; 2003).

<sup>33</sup> Isso é verdadeiro para organizações públicas de pesquisa *mission-oriented*, mas não se aplica a todas as OPPs, embora praticamente todas estejam sendo cobradas a incorporar a inovação em seus resultados.

e abordagens metodológicas que devem orientar a priorização e seleção de projetos de projetos de PD&I em uma organização pública de pesquisa agrícola e o objetivo da tese de propor um modelo analítico de seleção de projetos de PD&I capaz de lidar com a diversidade de problemas de pesquisa e inovação de uma organização pública de pesquisa agrícola.

## **CAPÍTULO 4 – UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA A DEFINIÇÃO DE PRIORIDADES E SELEÇÃO DE PROJETOS DE P,D&I EM UMA ORGANIZAÇÃO PÚBLICA DE PESQUISA**

Este capítulo abordará a gestão da programação de pesquisa e desenvolvimento na Embrapa. Especificamente, o Sistema Embrapa de Gestão (SEG), implantado a partir de 2002, em sucessão a modelos anteriores de gestão de P&D, com o objetivo de promover uma visão sistêmica e integrada de gestão da Empresa e alinhar a programação de pesquisa aos seus objetivos estratégicos. O foco da análise recairá sobre os macroprogramas de P&D da Embrapa, especificamente, o Macroprograma 1 (MP1-Grandes Desafios Nacionais), Macroprograma 2 (MP2-Competitividade e Sustentabilidade Setorial) e Macroprograma 3 (MP3-Desenvolvimento Tecnológico Incremental do Agronegócio). Desse modo, o capítulo apresenta a metodologia utilizada no trabalho, destacando a Matriz de Stacey como modelo analítico, seguida de um breve histórico sobre a Embrapa e seu modelo de gestão da programação de pesquisa. Finalmente, propõe uma abordagem metodológica para a seleção de projetos de inovação em uma organização pública de pesquisa.

### **4.1 Metodologia**

Este trabalho é uma pesquisa exploratória que busca proporcionar uma maior familiaridade com o tema pesquisado, qual seja, aquele relativo à definição de prioridades e seleção de projetos de P,D&I em uma organização pública de pesquisa. Como destaca Gil (2008), a pesquisa exploratória depende da intuição do pesquisador. Quanto à abordagem, portanto, constitui uma pesquisa qualitativa, voltada ao aprofundamento da compreensão de um determinado fenômeno, grupo social ou de uma organização, como observam Gerhardt & Silveira (2009).

Para Gil (2008), a pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. A grande maioria dessas pesquisas envolve: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que estimulem a compreensão (GIL, 2008). Selltiz *et al.* (1975), por sua vez, destacam que, estudos formuladores ou exploratórios têm como objetivo a formulação de um problema para investigação mais exata ou para a criação de hipóteses. Pode ter outras funções: aumentar o conhecimento sobre o fenômeno, esclarecimento de conceitos,

estabelecimento de prioridades para pesquisas futuras, obtenção de informação. É um passo inicial em um processo contínuo de pesquisa e que envolve o exame da literatura, o estudo da experiência com o intuito de compreender as relações entre variáveis e, finalmente, o estudo intensivo de exemplos selecionados do fenômeno. Conseqüentemente, os estudos exploratórios demandam um planejamento mais flexível, mais preocupado em possibilitar diferentes e variadas considerações do fenômeno que sugiram novas ideias e intuições, do que em comprovar seus resultados.

Para Zikmund (2000), os estudos exploratórios são úteis para o diagnóstico de situações e exploração de alternativas. Esses trabalhos são conduzidos durante o estágio inicial de um processo de pesquisa mais amplo, em que se procura esclarecer e definir a natureza de um problema e gerar mais informações que possam ser adquiridas para a realização de futuras pesquisas conclusivas. Dessa forma, mesmo quando já existem conhecimentos do pesquisador sobre o assunto, a pesquisa exploratória também é útil, pois, normalmente, para um mesmo fato organizacional, pode haver inúmeras explicações alternativas, e sua utilização permitirá ao pesquisador tomar conhecimento, se não de todas, pelo menos de algumas delas.

Desse modo, para compreensão do problema de priorização e seleção de projetos de inovação, a pesquisa se valeu, como procedimentos, de uma pesquisa bibliográfica a partir do levantamento de referências como livros e artigos científicos e de pesquisa documental por meio de relatórios, normas e documentos orientadores da gestão da programação de pesquisa da Embrapa.

Como modelo analítico será utilizado o Diagrama (ou Matriz) de Stacey (1995, 2010). Boeira *et al.* (2013) destacam que Stacey defende a ideia de que os líderes e gestores erram em suas previsões porque gestão não é tomada de decisão racional, analítica, mas um processo fundamentalmente político. Assim, Stacey procurou integrar as teorias de gestão tradicionais com a noção de organizações concebidas como sistemas adaptativos complexos, e propôs um diagrama que se tornou conhecido como a Matriz de Stacey, conforme a Figura 4.1 (BOEIRA *et al.*, 2013).

**Figura 4.1** Matriz de Stacey

**Fonte:** Queiroz (2015)

De acordo com esta abordagem, duas variáveis são consideradas na estruturação de uma análise de decisão – o nível de concordância (acordo) existente sobre um determinado problema e o nível de certeza sobre esse mesmo problema. Assim, a matriz de Stacey utiliza diferentes perspectivas para a compreensão de questões relativas à gestão da complexidade e fornece uma forma de lidar com sistemas complexos no qual as decisões, a análise dos processos e as atividades relativas à complexidade ocorrem em diferentes regiões – tomada de decisão racional; tomada de decisão política; tomada de decisão de julgamento; caos<sup>34</sup> e; complexidade (PEREIRA, 2013).

Possíveis aplicações para o uso da Matriz de Stacey são a escolha entre abordagens de gestão ou liderança para um problema específico ou decisão; proporcionar sentido ao conjunto de decisões e servir de agenda para o grupo decisório; comunicação da justificativa de adoção de uma abordagem específica e; lidar com a incerteza e o desacordo quando inovações e alternativas criativas são necessárias. A utilidade da ferramenta, segundo

<sup>34</sup> A aparente ausência de ordem em um sistema que é realmente determinístico com uma ordem oculta. Por exemplo, sistemas meteorológicos são muitas vezes caóticos ainda que contenham previsibilidade. Fonte: [http://www.gp-training.net/training/communication\\_skills/consultation/equipoise/complexity/stacey.htm](http://www.gp-training.net/training/communication_skills/consultation/equipoise/complexity/stacey.htm)

Pereira (2013), é proporcionar aos gestores a construção de uma visão estratégica ao viabilizar questões operacionais que demandam o estabelecimento de acordos e gerenciamento dos níveis de incerteza.

No próximo item faremos uma breve descrição do objeto de análise desta tese. O foco do trabalho está voltado para a definição de prioridades e seleção de projetos de P,D&I como processos decisórios que ocorrem sob condições de incerteza. Nesse contexto, o objeto de análise é o Sistema Embrapa de Gestão e, especificamente, as figuras programáticas de pesquisa e desenvolvimento desse sistema – os macroprogramas 1, 2 e 3, que devem prover soluções tecnológicas para os grandes desafios nacionais, competitividade e sustentabilidade da agricultura e desenvolvimento tecnológico incremental, respectivamente.

#### **4.1 Breve histórico**

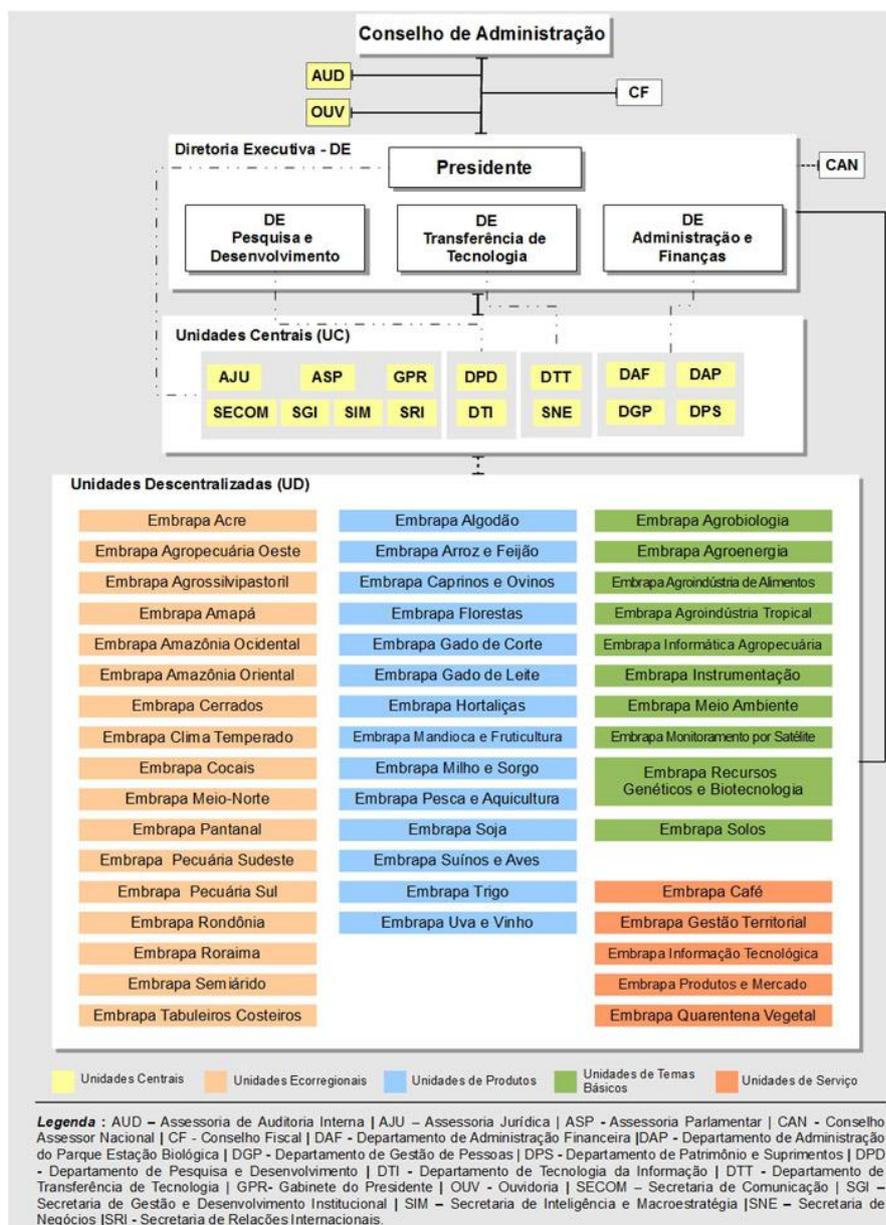
A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) foi criada em 26 de abril de 1973 e é vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Desde a criação da organização o desafio é desenvolver, em conjunto com os parceiros do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), um modelo de agricultura e pecuária tropical, buscando superar as barreiras que limitam a produção de alimentos, fibras e energia no Brasil. A Embrapa é uma empresa de pesquisa, desenvolvimento e inovação e sua agenda é inteiramente voltada a prover novos conhecimentos, grande parte traduzida em produtos, processos e serviços para o setor agropecuário. A organização também gera informações que contribuem para a formulação e o aprimoramento de políticas públicas em áreas relacionadas à missão da empresa.

Como uma empresa pública de direito privado, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a Embrapa é a maior e principal instituição de pesquisa agropecuária do país e, no âmbito internacional, destacou-se ao longo dos anos como um dos principais centros de tecnologia agropecuária tropical do mundo (SALLES-FILHO *et al.*, 2000). Sua missão está relacionada à execução da pesquisa e desenvolvimento (P&D) e a transferência das tecnologias geradas pela empresa. Algumas áreas temáticas de atuação da Embrapa são: agricultura de baixa emissão de carbono, controle biológico, convivência com a seca, fixação biológica de nitrogênio, geotecnologias, integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), Matopiba (compreende o bioma Cerrado dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), mecanização e agricultura de precisão, mercado de cultivares,

pesca e aquicultura, saneamento básico rural, segurança alimentar, nutrição e saúde, zoneamento agroecológico. Como se vê, trata-se de um amplo leque de temáticas relacionadas à agricultura.

Para o cumprimento de sua missão a Embrapa conta com 17 unidades centrais (UCs) localizadas em sua sede em Brasília; 46 unidades descentralizadas (UDs) em todo o Brasil; 4 laboratórios virtuais no exterior (EUA, Europa, China e Coreia do Sul); 3 escritórios internacionais na América Latina e África. Possui hoje 9.818 empregados, dos quais 2.479 são pesquisadores - 14% com mestrado, 74% com doutorado e 11% com pós-doutorado. Como detentora de tecnologias para as zonas intertropicais e conhecimentos aplicáveis ao agronegócio e à agricultura familiar, a Embrapa tem buscado ampliar suas atividades em regiões do mundo nas quais suas soluções tecnológicas podem ser facilmente adaptáveis. A atuação do segmento internacional da Embrapa versa nas ações de cooperação possibilitando contribuir com instituições de pesquisa internacionais no desenvolvimento de projetos de interesse mútuo. Essas interações trazem visibilidade para as tecnologias desenvolvidas pela Empresa, especialmente aquelas voltadas para regiões tropicais, ao mesmo tempo em que possibilitam aos pesquisadores um intercâmbio para que novas tecnologias sejam incorporadas ao agronegócio brasileiro (EMBRAPA, 2015). A Figura 4.2 exibe o organograma da Embrapa.

**Figura 4.2** Organograma da Embrapa



**Fonte:** Relatório de Gestão 2014/2015. Embrapa

Os resultados das ações da Embrapa podem ser categorizados, de uma forma geral, como produtos, processos e serviços. Assim, os produtos são soluções tecnológicas estruturadas fisicamente que a Embrapa oferece ao mercado ou à sociedade em geral; alguns exemplos são: cultivares, bioprodutos, formulações e congêneres e softwares. Por sua vez, os processos são os procedimentos, protocolos e metodologias que a empresa desenvolve, tais como; processos agroindustriais, metodologias, processos/práticas agropecuárias. Os serviços constituem soluções tecnológicas não materiais, como treinamentos e consultorias,

mapeamentos, sistemas de produção e serviços *web*. Exemplos que ilustram os resultados de suas atividades encontram-se na geração de conhecimentos e tecnologias em biotecnologia e recursos genéticos, recursos naturais e meio ambiente, produção animal e vegetal, agroindústria de alimentos, informática e instrumentação e métodos de pesquisa.

Neste breve histórico, o foco está voltado para aqueles aspectos relevantes da gestão da programação de pesquisa da Embrapa. Desse modo, algumas fases no desenvolvimento da instituição são identificadas por Salles-Filho *et al.* (2000). Uma primeira fase, o período de 1973 a 1984, compreende a criação e consolidação da organização, tendo como objetivo o estabelecimento de uma trajetória nacional para a pesquisa agropecuária. Numa segunda fase, a partir de 1985, ocorreu o ajustamento do modelo institucional, proporcionado pela reorganização das atividades-fim e da busca de maior vinculação das atividades de P&D às demandas externas. Nesse período houve a reformulação da programação de P&D subsidiada pela integração dos princípios do Planejamento Estratégico (I PDE, 1988-1992); a consolidação do planejamento da P&D a partir do acompanhamento e da avaliação das atividades-fim (II PDE, 1994-1998) e; uma ênfase no desenvolvimento de negócios tecnológicos, constituintes do mecanismo para a transferência de tecnologias e o incremento da geração de receitas próprias (III PDE, 1999-2003).

Retomando a construção desse breve histórico, a Lei 5.851 de 7 de dezembro de 1972 estabeleceu a base legal para a instalação da Embrapa, ocorrida em abril de 1973. A Empresa substituiu o Departamento Nacional de Pesquisa e Experimentação Agropecuária (DNPEA) e foi uma iniciativa do governo federal no sentido de centralizar e focar a política para a tecnologia agropecuária definindo uma trajetória nacional única. A motivação foi a ausência de uma política científica e tecnológica para a agricultura, falta de mecanismos de coordenação para programar, executar e avaliar as atividades de pesquisa; incipiente apoio ao pesquisador (treinamento e planos de cargo e salários); localização inadequada das bases físicas; deficiente articulação com os serviços de assistência técnica, extensão e produtores rurais; insuficiência de recursos financeiros e falta de flexibilidade na sua aplicação (SALLES-FILHO *et al.*, 2000).

A criação da Embrapa ocorreu no contexto de uma política de modernização tecnológica da agricultura brasileira e, num momento inicial, para possibilitar a atualização da base tecnológica foi explicitado que se deveria enfrentar o problema do sub-aproveitamento das conquistas científicas e tecnológicas dos países desenvolvidos, realizando o levantamento da tecnologia disponível e dos sistemas de produção então denominados “pacotes

tecnológicos”. Entretanto, é importante destacar que, já no final dos anos 1970, a Embrapa passou a consolidar sua atuação na geração de novas tecnologias.

Um ajuste do modelo institucional é empreendido a partir de 1985, um período de transição democrática quando novas prioridades de pesquisa foram adotadas pela Embrapa, com ênfase na diminuição da dependência externa em termos de tecnologia, na preservação do meio ambiente e nos esforços em direção à pesquisa básica. Foi um período de renovação do modelo institucional, da gestão da programação de P&D, treinamento dos recursos humanos e difusão de tecnologia. Assim, o processo de reorganização interna deveria criar condições para vincular os resultados da P&D ao oferecimento de soluções tecnológicas às novas demandas do agronegócio e da sociedade. Como resultado, a organização deveria fazer os ajustes necessários para permitir a melhor organização da pesquisa e a intensificação do relacionamento com o meio externo. Nesse sentido, a Embrapa adota o Planejamento Estratégico como meio de modernização gerencial e de programação das atividades-fim e produz o 1º Plano Diretor da Embrapa (I PDE, 1988-1992). Buscando a sustentabilidade institucional, o processo de reorganização implicou a adoção de novos princípios de gestão para a modernização da Empresa e o planejamento estratégico foi justificado em função da necessidade de dotar a instituição de procedimentos sistemáticos para captar as mudanças atuais e futuras, incorporando-as ao processo de tomada de decisão nas dimensões estratégica e operacional.

Desse modo, a oferta de soluções tecnológicas deveria ocorrer de maneira articulada com as sinalizações do mercado e da sociedade e, como consequência, as instituições de C&T agropecuária estabeleceram estratégias para abordar todos os segmentos do negócio agrícola dentro da visão de cadeia produtiva. Este momento marca uma nova percepção do papel de uma organização pública de pesquisa e o projeto de pesquisa deve considerar elementos que vão além da excelência da atividade de pesquisa *stricto sensu* (SALLES-FILHO *et al.*, 2000).

A criação do Sistema Embrapa de Planejamento (SEP) em 1993, como um modelo de pesquisa com uma iniciativa voltada para a operacionalização de um modelo de programação de P&D conectando o estratégico ao operacional, seguiu-se à elaboração do primeiro plano diretor. O SEP foi definido como um modelo de pesquisa por demanda, com ênfase na integração de conceitos das formas de execução dos projetos, com destaque para a multidisciplinaridade e a parceria. Nesse modelo, os conceitos orientadores dos resultados das atividades de P&D a serem considerados são a cadeia produtiva, o agronegócio, o cliente e o mercado. Desse modo, um modelo orientado por demanda promoveu maior aproximação

entre os pesquisadores e os diferentes elos da cadeia produtiva. A implantação do SEP implicou no cumprimento de três etapas: programação das atividades-fim com base na definição de Programas Nacionais de P&D; implantação de mecanismos para análise e seleção de projetos; e adoção de mecanismos para o acompanhamento e avaliação de projetos.

A construção do 2º Plano Diretor da Embrapa (II PDE, 1994-1998) consolida a utilização do Planejamento Estratégico e define a evolução do SEP, pois a consolidação do Modelo de Pesquisa por Demanda justificava o prosseguimento das iniciativas voltadas para a adequação da organização de P&D. Assim, a partir desse novo plano diretor, a programação das atividades-fim em novos moldes deveria capacitar a Empresa na geração de P&D e na transferência de tecnologia agropecuária, florestal e agroindustrial, explicitando. Ficava explícito, portanto, que os resultados estariam voltados não apenas para o setor agropecuário, mas para o conjunto de segmentos e atividades econômicas integrantes do agronegócio.

A gestão 1995-1998 não promoveu nenhuma mudança estrutural ou de instrumentos, mas a elaboração de uma política global de administração com três grandes políticas operacionais: política de P&D (produto), política de vendas ou distribuição (preço e pontos de venda) e uma política de comunicação (promoção). Foi uma iniciativa para enfrentar problemas e desafios tais como: identificação de demandas e definição de prioridades, acompanhamento dos avanços científicos, falta de flexibilidade na gestão de RH e financeira, parceria com o SNPA e iniciativa privada e desenvolvimento de capacidade gerencial. A política de P&D incorporou figuras como grupos temáticos, para incentivar atividades multidisciplinares e em equipe, núcleos de gestão, proteção do conhecimento e integração entre os programas de P&D.

Em resumo, os anos 1990 podem ser caracterizados como um período de busca permanente por instrumentos de gestão de forma a proporcionar maior interação com o meio, especialmente, com as cadeias produtivas da agropecuária.

## **4.2 O Sistema Embrapa de Planejamento**

O Sistema Embrapa de Planejamento SEP, implantado a partir de 1993, proporcionou um planejamento institucional formalizado constituindo a base da passagem do Modelo Ofertista para o Modelo de Pesquisa por Demanda. O sistema considerava a realização de priorização de demandas, o estabelecimento de procedimentos para análise e seleção de projetos, acompanhamento e avaliação. Em substituição aos Programas Nacionais

de Pesquisa por Produto, foi criado um conjunto de Programas Nacionais de P&D, incluindo programas por produtos, por temas estratégicos e por ecorregiões. Assim, esses Programas Nacionais abrigavam projetos propostos por diferentes unidades da Embrapa e cada programa vinculava-se a um conjunto de demandas consideradas prioritárias. A identificação das demandas constituía um procedimento ligado ao processo de priorização de pesquisa que, por sua vez, utilizava o método de escores. Entretanto, observou-se uma baixa efetividade desse mecanismo de captação de demandas, pouca internalização por parte das UDs e a falta de mecanismos capazes de desenvolver o compromisso com os usuários e clientes e o compromisso interno à unidade de pesquisa. A Tabela 4.1 exibe os programas nacionais de pesquisa e desenvolvimento constituintes do Sistema Embrapa de Planejamento (SEP).

**Tabela 4.1** Sistema Embrapa de Planejamento - Programas nacionais de P&D da Embrapa

<b>Programas Nacionais de P&amp;D</b>	<b>Programas Nacionais de Desenvolvimento Institucional</b>
1. Recursos naturais	14. Intercâmbio e produção da informação
2. Recursos genéticos	15. Sistemas estaduais de pesquisa agropecuária
3. Pesquisas básicas em biotecnologia	16. Administração e desenvolvimento institucional
4. Produção de grãos	
5. Produção de hortaliças	
6. Produção animal	
7. Produção de matérias-primas	
8. Produção florestal e agroflorestal	
9. Produção da agricultura familiar	
10. Colheita/extração, pós-colheita, transformação e preservação de produtos agrícolas	
11. Proteção e avaliação da qualidade ambiental	
12. Automação agropecuária	
13. Suporte a programas de desenvolvimento rural e regional	
17. Produção de frutas	
18. Transferência de tecnologia	

**Fonte:** Salles-Filho *et al.* (2000)

Na política de P&D, operacionalizada via SEP, a figura programática do projeto de pesquisa tem a execução justificada a partir da sua capacidade em gerar soluções para um problema explicitado pelo usuário ou cliente. Para operacionalizar um sistema competitivo na seleção de projetos, foram criados os Comitês Técnicos Internos das UDs (CTIs) e da Sede (CTS) e as Comissões Técnicas de Programa (CTPs) para cada um dos programas institucionais com a responsabilidade de análise e aprovação dos projetos. Apesar dos

esforços para a melhoria contínua dos processos da gestão da programação de pesquisa da empresa, dois problemas devem ser destacados no que refere à implantação do modelo de planejamento das atividades-fim.

Em primeiro lugar, a proliferação de rotinas para a operacionalização do SEP evidenciou desconexões entre os componentes do instrumental de planejamento, de acompanhamento, de avaliação e de premiação adotado pela Empresa naquele período e não foi superado o desafio de conexão entre o componente estratégico e o componente operacional na implantação do modelo de planejamento e programação da pesquisa. Isso foi verificado pelas dificuldades na elaboração e implantação dos Planos Diretores das Unidades (PDUs).

Segundo, o Sistema de Avaliação das Unidades (SAU) explicitou nas UD's a necessidade de ser submetido a um aprimoramento capaz de conferir capacidade de oferecer um referencial claro para nortear as iniciativas empreendidas por essas Unidades. Nesse sentido, uma efetiva capacidade de internalização das demandas externas exigia a eliminação das desconexões entre os componentes do instrumental do SEP e a necessidade de consolidação da comunicação com o ambiente externo via adequação dos mecanismos de priorização de demandas e fortalecimento de canais de abertura institucional.

Em resumo, a partir de 1995, as formas de inserção da Embrapa como instituição pública de pesquisa foram redefinidas, uma vez que novas demandas passaram a ser explicitadas. A organização da P&D foi acompanhada pela renovação dos mecanismos de relacionamento com o ambiente externo com várias iniciativas adotadas por meio do SEP. As ações de indução da programação de P&D passaram a ser apoiadas em dois eixos. O primeiro é a priorização de demandas como suporte para o estabelecimento dos programas nacionais de pesquisa e para a redefinição das temáticas de atuação das unidades de pesquisa, enquanto o segundo eixo concerne ao fortalecimento de mecanismos de acompanhamento e avaliação das atividades-fim.

O Sistema Embrapa de Gestão (SEG), que será discutido posteriormente, adotado pela empresa a partir de 2002, introduziu alterações no sistema de planejamento de ações de pesquisa e desenvolvimento, transferência de tecnologia, comunicação empresarial e desenvolvimento institucional.

### 4.3 O Sistema Embrapa de Gestão (SEG) – fundamentos, estrutura e funcionamento

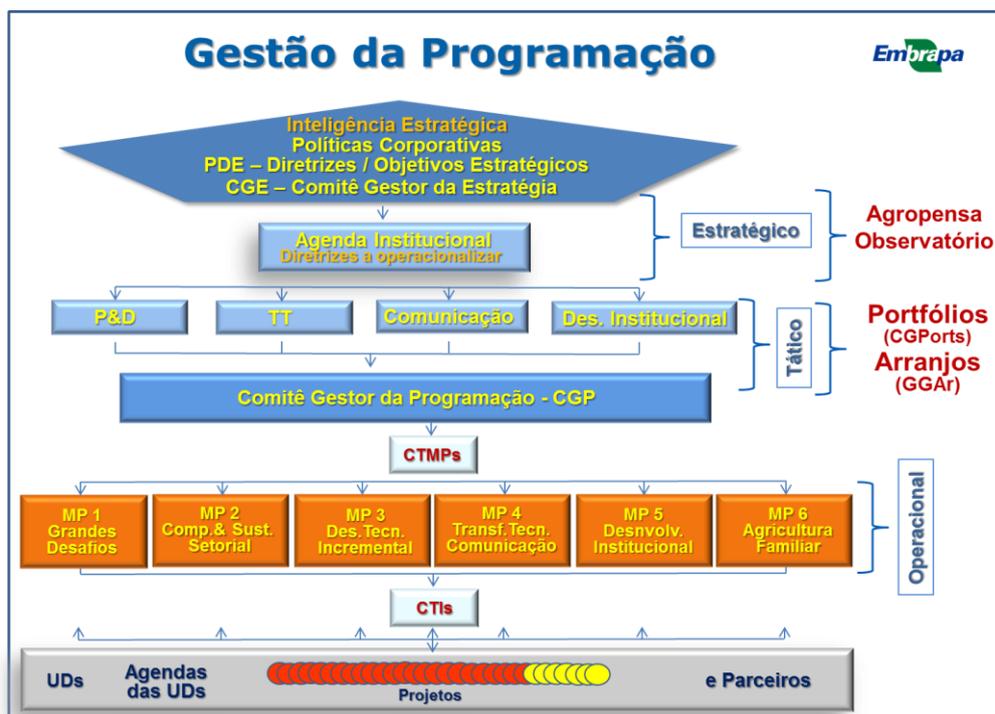
Conforme mencionado anteriormente, o Sistema Embrapa de Gestão (SEG), adotado pela empresa a partir de 2002, introduziu alterações no sistema de planejamento de ações de pesquisa e desenvolvimento, transferência de tecnologia, comunicação empresarial e desenvolvimento institucional, com o propósito de executar o ciclo completo da gestão dos projetos: planejamento, execução, acompanhamento, avaliação e realimentação e o cronograma de liberação de recursos financeiros visando dotar a Empresa de maior transparência e flexibilidade organizacional.

O SEG é um macroprocesso que visa promover uma visão sistêmica e integrada de gestão da Empresa, procurando ajustar a programação de pesquisa aos seus objetivos estratégicos. Com base nos objetivos estratégicos definidos pelo Plano Diretor da Embrapa (PDE) e priorizados pela Agenda Institucional são estabelecidas as diretrizes institucionais da organização, a partir das quais se planeja a alocação de recursos financeiros necessários à execução da programação. O SEG é organizado em seis Macroprogramas, que contemplam as grandes áreas de atuação da Empresa.

Recentemente, a Embrapa incluiu novas ferramentas de gestão de sua carteira de projetos, organizando-a por temas estratégicos, focados por meio de duas ferramentas de apoio gerencial: *Portfolios* e *Arranjos*. Tais ferramentas têm o objetivo de assegurar a melhoria contínua da sua programação, reduzir redundâncias, maximizar o uso dos recursos públicos e possibilitar maior coordenação dos esforços e das suas competências. Desde a criação do SEG, já passaram por sua carteira 3.200 projetos. Desse total, aproximadamente, 35% dos projetos foram financiados por fontes externas como o CNPq e fundações estaduais de apoio à pesquisa. Atualmente, encontram-se em execução na programação de pesquisa, desenvolvimento e inovação da Embrapa 1.208 projetos.

O SEG tem por objetivos organizar as atividades da Embrapa, integrando os diferentes níveis de gestão (estratégico, tático e operacional); estabelecer figuras programáticas, instâncias, níveis e formas de gestão e; definir os processos de planejamento, indução, execução, acompanhamento, avaliação e realimentação das atividades de P&D, Comunicação Empresarial, Transferência de Tecnologia e Desenvolvimento Institucional. O SEG é composto pelos subsistemas de Gestão Estratégica, Gestão Tática e Gestão Operacional, conforme indicado na Figura 4.3.

**Figura 4.3** O Sistema Embrapa de Gestão (SEG)



**Fonte:** Embrapa (2015)

O componente de gestão estratégica do SEG tem como principais objetivos a organização e implementação de processos prospectivos para a construção e revisão sistemática da visão estratégica da Empresa, a definição dos rumos e as intenções estratégicas, consolidando-as em propostas do Plano Diretor da Embrapa (PDE) e a definição e revisão sistemática do foco do negócio da Empresa, priorizando temas e áreas para as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento, Transferência de Tecnologia, Comunicação Empresarial e Desenvolvimento Institucional, sintetizando-as em proposta de agenda institucional.

Por sua vez, cabe ao subsistema de gestão tática a composição e gestão da carteira de projetos e processos da Embrapa, visando atender as metas institucionais fixadas pela Diretoria Executiva (DE) e garantindo a qualidade técnica, científica e o mérito estratégico da programação, bem como a implementação e gestão de instrumentos de indução para compor a carteira de projetos e processos, balanceando as atividades essenciais, e alinhando-as às diretrizes dos Planos Diretores da Empresa e das Unidades.

Finalmente, no nível operacional ocorre a elaboração, gestão e execução dos projetos e processos de pesquisa alinhados com a estratégia global da Embrapa, com as diretrizes fixadas pelos Planos Diretores da Empresa e das Unidades pela agenda institucional

e a composição e gestão da carteira de projetos e processos no âmbito das unidades de pesquisa e seus parceiros, alinhada aos norteadores institucionais e estratégias setoriais, regionais e temáticas.

A atuação dos colegiados do SEG nos diferentes componentes do Sistema se dá da seguinte forma. A gestão da estratégia é exercida e gerenciada pelo Comitê Gestor da Estratégia (CGE), com apoio do Conselho Assessor Nacional (CAN), do Conselho de Administração (CONSAD) e da Diretoria Executiva (DE). Por sua vez, a gestão da programação, envolvendo projetos e processos é gerenciada pelo Comitê Gestor da Programação (CGP). A gestão da carteira de projetos e processos dos macroprogramas é gerenciada pelos gestores de macroprogramas, apoiados por Comissões Técnicas de Macroprogramas (CTMP) e, finalmente, a gestão de carteiras de projetos e processos de Unidades Descentralizadas é gerenciada pelos CTIs nas UDs, e pelo CTS na Sede.

O processo de gestão da Empresa inicia-se com a elaboração dos Planos Diretores da Empresa e das Unidades Descentralizadas para períodos de quatro anos. Com base no PDE e na Agenda de Prioridades, complementados por outros estudos e mecanismos prospectivos pertinentes, o CGE elabora uma proposta de diretrizes para composição de uma agenda institucional que será validada pelo CAN, segundo procedimentos definidos pela DE. A partir das metas institucionais o CGP define as metas técnicas e a carteira de projetos e processos a serem acompanhados, procedimentos de indução e a alocação de recursos para cada um dos macroprogramas. Essa definição também deve levar em conta os resultados obtidos em cada macroprograma e sua contribuição ao alcance das metas institucionais. Em seguida, cada macroprograma inicia o processo periódico de indução de projetos para a formação da carteira, considerando as orientações do CGP e as equipes elaboram as propostas de projeto que são analisadas e aprovadas pelos CTIs/ CTS e encaminhadas aos macroprogramas.

As carteiras de projetos e processos, tecnicamente aprovados pelos macroprogramas, são analisadas em conjunto pelo CGP, com o objetivo de garantir o balanço estratégico e a consolidação do esforço global da Empresa. A programação consolidada e aprovada pelo CGP é homologada pela DE e iniciada, pelos líderes e equipes nas Unidades, a execução dos projetos componentes da carteira dos macroprogramas.

Periodicamente, de acordo com procedimentos sistemáticos pré-definidos, os projetos e processos vinculados a cada macroprograma têm sua execução avaliada, com a finalidade de identificar resultados de grande impacto, propor correções em sua execução ou cancelá-los, conforme o caso. Ao final da execução de um projeto, o gestor e a respectiva CTMP devem realizar a avaliação final, por meio de procedimentos definidos para esse fim.

Da mesma forma, cada macroprograma realiza uma avaliação e síntese da sua programação em relação ao cumprimento das metas técnicas estabelecidas e, por sua vez o CGP realiza uma avaliação e realinhamento da programação, referenciando-se nas análises e sínteses dos macroprogramas e no cumprimento das metas institucionais.

A Embrapa adota em seu sistema de gestão figuras programáticas de nível tático, denominadas macroprogramas, as quais são orientadas para a gestão de carteiras de projetos e processos. Os Macroprogramas são definidos na Norma 037.01.08.01.5.003, de 02/09/2004 e possuem características específicas quanto à estrutura de suas equipes e de seus arranjos institucionais, respondem às necessidades diversas da Embrapa e são instrumentos gerenciais para a operacionalização da programação da Empresa, orientando-a para a obtenção de resultados de impacto que levem ao atendimento das metas técnicas, estabelecidas a partir dos Planos Diretores da Empresa e das Unidades.

Os macroprogramas têm como finalidades orientar a formulação de projetos na Embrapa e em instituições parceiras, alinhados às estratégias, aos objetivos e às diretrizes da Empresa, organizar, agrupar e compatibilizar as carteiras de projetos e processos, de acordo com sua especificidade e nível de complexidade das propostas, priorizar e alocar recursos aos projetos e processos, de acordo com as metas técnicas, operacionalizar mecanismos de indução que garantam atendimento ao conjunto de metas técnicas; garantir qualidade técnica, eficiência e eficácia, mediante avaliação e acompanhamento contínuos dos projetos sob sua responsabilidade e; garantir avaliação e síntese sistemática da programação sob sua responsabilidade (EMBRAPA, 2002). Na estrutura do SEG estão definidos os seguintes macroprogramas:

- Macroprograma 1 (MP1) - Grandes Desafios Nacionais: tem por objetivo a gestão de uma carteira de projetos de base científica elevada, de caráter transdisciplinar e multi-institucional, abordando pesquisas de caráter estratégico, que exijam para sua execução arranjos institucionais complexos ou grandes redes e aplicação intensiva de recursos. Busca alcançar avanços tecnológicos radicais e estabelecer novos paradigmas para o conhecimento e o padrão tecnológico do agronegócio brasileiro, seus setores e atividades afins, bem como abrigar projetos destinados à superação de desequilíbrios sociais, alcançar ou consolidar vantagens competitivas e sustentabilidade no agronegócio brasileiro. O MP1 compõe-se de projetos que abordem pesquisas de natureza básica, estratégica ou aplicada, cujos objetivos, forma e abrangência sejam compatíveis com o conceito deste Macroprograma.

- Macroprograma 2 (MP2) - Competitividade e Sustentabilidade Setorial: tem por objetivo a gestão de uma carteira de projetos de P&D, abordando pesquisas de caráter aplicado, estratégico ou eventualmente básico, de natureza temática ou interdisciplinar, que exijam para sua execução a organização de *clusters*, equipes interativas e redes. Busca obter avanços significativos e inovadores no conhecimento e no padrão tecnológico do agronegócio brasileiro, seus setores e atividades afins, bem como subsidiar políticas públicas voltadas para estimular a competitividade, a sustentabilidade do agronegócio e o desenvolvimento econômico e social do país. O MP2 é composto de projetos de médio prazo, de base científica elevada que contribuam para o avanço do conhecimento e obtenção de vantagens competitivas com sustentabilidade para o agronegócio brasileiro.
- Macroprograma 3 (MP3) - Desenvolvimento Tecnológico Incremental do Agronegócio: objetiva gerir uma carteira de projetos destinados a apoiar o aperfeiçoamento tecnológico contínuo do agronegócio e atividades correlatas, atendendo suas demandas e necessidades de curto e médio prazos, executados através de arranjos simples e pouco intensivos em aplicação de recursos. Estes projetos estão voltados para atividades de P&D e transferência de tecnologia, organização de informação e viabilização de atividades previstas em contratos de prestação de serviços técnicos não-rotineiros. Este Macroprograma prioriza apoio a projetos finalísticos que possibilitem a concretização de impacto da pesquisa realizada pelas Unidades, redes e equipes da empresa e seus parceiros. O MP3 compõe-se de projetos de P&D assentados no conhecimento tecnológico já existente, de projetos inovadores, mas que podem ser desenvolvidos em arranjos simples e de curto ou médio prazos, de projetos de transferência de tecnologia, enfatizando atividades de desenvolvimento, validação e acabamento de tecnologias, desenvolvimento de protótipos além de unidades demonstrativas e outras atividades afins que não tenham caráter contínuo ou rotineiro.
- Macroprograma 4 (MP4) - Transferência de Tecnologia e Comunicação Empresarial: é o responsável pela gestão da carteira de Projetos de Transferência de Tecnologia e de Comunicação Empresarial, voltados, respectivamente, para desenvolver a integração entre a atividade de P&D e o mercado, e para aprimorar o relacionamento da Embrapa com seus públicos de interesse e com a sociedade. Para tanto abriga iniciativas de caráter aplicado, de natureza temática ou interdisciplinar, que priorizem sua execução e organização em núcleos especializados, equipes interativas ou redes,

de acordo com seu grau de complexidade e abrangência. O MP4 compõe-se de projetos de caráter intra e interinstitucional destinados a aprimorar o relacionamento entre a Embrapa e seus públicos de interesse e a sociedade, bem como promover a integração entre P&D e o mercado, cujos objetivos, forma e abrangência sejam compatíveis com o conceito deste Macroprograma.

- Macroprograma 5 (MP5) - Desenvolvimento Institucional: no âmbito desse macroprograma, desenvolvimento institucional é entendido como os esforços/iniciativas empreendidos pela organização com o objetivo de promover avanços institucionais e implementar mudanças que resultem na sua auto-renovação, na melhoria da gestão e no aumento da sua capacidade de lidar com desafios e problemas. Dessa forma, o MP5 tem por objetivo a gestão de projetos de desenvolvimento institucional que busquem a melhoria dos resultados, o aumento da efetividade organizacional, o desenvolvimento e a utilização plena do potencial dos talentos humanos da Empresa. Foca principalmente processos corporativos, projetos em parceria e projetos que tenham potencial de beneficiar a Empresa como um todo.
- Macroprograma 6 (MP6) - Apoio ao Desenvolvimento da Agricultura Familiar e à Sustentabilidade do Meio Rural: tem por objetivo a gestão de uma carteira de projetos voltados para fornecer suporte a iniciativas de desenvolvimento sustentável da agricultura familiar e de comunidades tradicionais, na perspectiva de agregação de valor e, prioritariamente, com abordagem territorial, promovendo a convergência de esforços multiinstitucionais e interdisciplinares, nos quais os componentes de Pesquisa e Desenvolvimento e de Transferência de Tecnologia relacionados ao mandato da Embrapa sejam relevantes. A carteira de projetos do MP6 abriga, prioritariamente, iniciativas, que em função da sua complexidade e abrangência, são executadas e organizadas em núcleos especializados, equipes interativas e/ou redes, utilizando metodologias participativas.

Para todos os macroprogramas, os critérios de avaliação de propostas no Sistema Embrapa de Gestão baseiam-se fundamentalmente nos quesitos de mérito técnico-científico, como segue:

- a) Questões técnico-científicas colocadas;
- b) Adequação de objetivos, metas e metodologia ao foco da proposta;
- c) Base conceitual aplicada;

- d) Clareza nos resultados e impactos esperados;
- e) Coerência lógica da proposta;
- f) Qualificação e experiência das instituições integrantes, da equipe e parceiros;
- g) Adequação da proposta em matéria de propriedade intelectual e aspectos regulatórios;
- h) Adequação da proposta quanto à segurança biológica, pessoal e ambiental;
- i) Cronograma factível;
- j) Orçamento compatível com as ações a realizar.

Por sua vez, a avaliação de mérito estratégico das propostas é realizada nas devidas instâncias (CTI da UD e Comitê Gestor da Programação em suas reuniões ordinárias) e com o apoio do Comitê Gestor do Portfolio. Esta avaliação tem como referência fundamental os objetivos e diretrizes estratégicas (gerais e específicos) da Agenda de Prioridade de cada UD, do Plano Diretor da Embrapa e o Documento “Visão 2014-2034” (Embrapa, 2014), assim como o alinhamento aos objetivos do portfolio. Com a avaliação de mérito estratégico procura-se determinar a contribuição de cada proposta de projeto para o cumprimento das metas institucionais da Unidade e da Embrapa como um todo; a geração de impactos em relação à estratégia institucional, assim como, o custo do projeto em relação aos benefícios institucionais esperados. As propostas são avaliadas, isoladamente e em conjunto, considerando-se também a programação em andamento, os seguintes componentes:

- a) Qualidade técnica;
- b) Alinhamento aos objetivos estratégicos;
- c) Riscos associados à execução do projeto;
- d) Avanço técnico-científico proposto e potencial de inovação pretendido;
- e) Ganhos previstos para os clientes/beneficiários

Como será explicitado adiante, esse processo de avaliação de propostas no SEG, no qual é definida a priorização e seleção de projetos de P,D&I para compor a programação da Embrapa tem recorrido, exclusivamente, a modelos *ad hoc*, especificamente, revisão por pares (*peer review*). Porém, antes de iniciar a discussão, propriamente dita, sobre métodos, técnicas e abordagens para o estabelecimento de prioridades e seleção de projetos, é conveniente considerar o momento atual da Embrapa, o que será feito no próximo item.

#### 4.4 O momento atual

O exercício de 2014 marca um período de transição na Embrapa em função da implementação de mudanças introduzidas a partir de 2012, com o intuito de promover um aperfeiçoamento dos processos de planejamento estratégico e de gestão da empresa. Algumas dessas mudanças foram a reestruturação das unidades de gestão institucional e estratégica, a definição de novos indicadores de resultados, a reformulação de instrumentos de planejamento das unidades, o desenvolvimento do Sistema Integrado de Gestão de Desempenho da Embrapa: Institucional, Programático e de Equipes (Integro<sup>35</sup>), além do lançamento do documento “Visão 2014-2034 – O Futuro do Desenvolvimento Tecnológico da Agricultura Brasileira”, um produto do Sistema de Inteligência Estratégica da Embrapa (Agropensa<sup>36</sup>). Esse documento serviu de referência para o estabelecimento de novos direcionamentos para o novo Plano Estratégico e serviu de pilar para a construção do VI Plano Diretor da Embrapa (VI PDE). Essas mudanças fundamentam-se nas premissas de sustentabilidade organizacional; valorização de parcerias; e inteligência e antecipação de cenários como requisitos para a tomada de decisão baseada em evidências, visando à redução de riscos que podem impactar o futuro da Empresa (EMBRAPA, 2015).

Como resultado das novas diretrizes e orientações emanadas do processo de revisão organizacional e do documento Visão, foi construído o VI Plano Diretor da Embrapa (VI PDE) e instituídas as Agendas de Prioridades das Unidades. O atual plano diretor estabelece os objetivos específicos e as diretrizes estratégicas da empresa para o horizonte 2014-2034, desdobrados em contribuições e metas de pesquisa, desenvolvimento, transferência de tecnologia e gestão institucional sob a responsabilidade das unidades operacionais, conforme estabelecido em suas respectivas Agendas.

Analisados de forma agregada, o VI PDE e as Agendas de Prioridades das Unidades lidam com temas como: recursos naturais e meio ambiente; biotecnologia, nanotecnologia, geotecnologia; automação, agricultura de precisão e tecnologia da informação

---

<sup>35</sup> Sistema Integrado de Gestão de Desempenho Institucional, Programático e de Equipes utilizado por todas as Unidades da Embrapa na gestão estratégica e na gestão de pessoas. Por meio do Integro, o planejamento, a programação, o acompanhamento e a avaliação de planos estratégicos, Unidades, portfólios e arranjos, projetos e ações gerenciais, equipes e empregados passam a ser um processo único (EMBRAPA, 2016).

<sup>36</sup> Sistema de Inteligência Estratégica da Embrapa dedicado a produzir e difundir conhecimentos e informações em apoio à formulação de estratégias de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) para a própria Empresa e instituições parceiras. Atua no mapeamento e apoio à organização, integração e disseminação de bases de dados e de informações agropecuárias; na captação e prospecção de tendências e sinais tecnológicos, socioeconômicos e de mercado para a agricultura; na identificação de futuros possíveis e na elaboração de cenários que permitam à agropecuária brasileira melhor se preparar diante de potenciais desafios e oportunidades. É estruturado em três componentes específicos: observatório de tendências, análise e estudos e estratégias para a Embrapa (EMBRAPA, 2016).

e comunicação; segurança zoofitossanitária das cadeias de produção; sistemas de produção; tecnologia agroindustrial e química verde; segurança alimentar, nutrição e saúde; mercados, políticas e desenvolvimento rural (EMBRAPA, 2015).

Riscos e ameaças são características inerentes às atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação e, nesta perspectiva, a gestão organizacional tem demandado instrumentos e procedimentos que permitam à Empresa monitorar e minimizar riscos e ameaças. Com o propósito de gerenciar riscos e, ao mesmo tempo, fazer o melhor uso das oportunidades identificadas, a Embrapa vem buscando o aperfeiçoamento de seu modelo de governança e gestão, com destaque para a implantação do sistema de inteligência estratégica Agropensa, cujo objetivo é a observação, captação e estudo dos diversos sinais do ambiente, tendo como premissa a sintonia da Empresa com os cenários e tendências de demandas reais ou potenciais e seus respectivos reflexos na pesquisa, exigindo conexão com o ambiente interno por meio do processo de planejamento, governança e gestão (EMBRAPA, 2015).

Nesse contexto, o sistema de inteligência promove a análise de riscos e ameaças para o negócio da instituição e a consequente busca de alternativas para transformá-los em oportunidades ou para minimizá-las. É com essa perspectiva que a Embrapa tem atuado, como demonstra a Tabela 4.2.

**Tabela 4.2** Riscos e ameaças para o negócio da Embrapa e as estratégias para o enfrentamento

Fatores de riscos e ameaças	Ações mitigantes
Qualidade da Governança Corporativa	Modernização e Alinhamento dos Instrumentos de Governança e Gestão Corporativa com o objetivo de superar assimetrias e desalinhamentos entre os muitos instrumentos da organização, como políticas, plano diretor, agendas e processos. Essas ações foram iniciadas em 2014 por meio da implantação de projeto especial.
Resultados da pesquisa não alcançarem os usuários	Melhoria dos processos de prospecção e análise das demandas de mercado, e de avaliação de impactos da produção técnico-científica da Empresa de modo a retroalimentar o processo de produção. Fortalecimento das parcerias com instituições de assistência técnica, cooperativas, empresas privadas e organizações não governamentais (ONGs) para a transferência de tecnologias. Formação de agentes multiplicadores.
Gestão ineficiente das competências atuais da Embrapa	Avaliar a evolução das mudanças organizacionais e seus impactos sobre a Embrapa, implantar gestão de competências que efetivamente levem à elevação do desempenho global da Empresa. Essas ações estão sendo implementadas por meio de projeto especial de gestão estratégica de pessoas.
Diagnóstico frágil e incompleto do ambiente externo	Implantar, por meio de projeto especial, um sistema de inteligência na Empresa com o objetivo de captar, analisar e estudar os diversos sinais do ambiente externo, para definir macroestratégias, com o intuito de orientar as demandas e o planejamento estratégico corporativo.
Perda de competitividade no mercado de cultivares competitivos	Análise estratégica da situação e definição de diretrizes por parte da alta administração da Empresa visando o reposicionamento da Embrapa nos mercados de cultivares, tendo como premissa que ela é uma instituição pública e que por isso não deve competir com o setor privado, mas apoiá-lo na expansão do agronegócio brasileiro, bem como estabelecer um nicho de mercado nesse segmento de cultivares para fim de segurança alimentar e assim cumprir com seu papel de organização governamental, além de identificar mecanismos para fortalecer a presença e melhorar a divulgação das grandes contribuições da Empresa para os mercados menos visíveis e de interesse dos pequenos e médios produtores.
Falta de uma gestão integrada dos projetos	Desenvolvimento de uma versão adaptada do Sistema de Gestão da Carteira de Projetos das Unidades (SISGP), um sistema de informação gerencial que forneça informações integradas, sumarizadas e detalhadas dos projetos, planos de ação e atividades de cada uma das Unidades da Empresa, isoladamente ou em conjunto e tornar o Sistema de Informação de Apoio à Decisão Estratégica (Side) mais sólido, com seu papel de sistema integrador de vários sistemas que medem a produção da empresa.

**Fonte:** adaptado de Embrapa. Relatório de Gestão 2014/2015

A partir da implantação do Sistema de Inteligência Estratégica da Embrapa (Agropensa), foram estabelecidos oito macrotemas que orientam a coleta, organização e análise de informações relevantes para os desafios tecnológicos nas diferentes cadeias produtivas agropecuárias, quais sejam: i) recursos naturais e mudanças climáticas; ii) novas ciências: biotecnologia, nanotecnologia e geotecnologia; iii) automação, agricultura de precisão e tecnologias de informação e comunicação (TIC); iv) segurança zoofitossanitária das cadeias produtivas; v) sistemas de produção; vi) tecnologia agroindustrial, da biomassa e química verde; vii) segurança dos alimentos, nutrição e saúde e; viii) mercados, políticas e desenvolvimento rural (EMBRAPA, 2014)

Os objetivos e diretrizes estratégicas descritas no VI Plano Diretor da Embrapa estabelecem os resultados de PD&I e de gestão em apoio aos esforços que a Embrapa pretende realizar para o cumprimento da missão e alcance da visão delineada para 2034. Assim, considerando as tendências e cenários previstos para a agricultura nos próximos 20 anos, destacam-se como principais oportunidades: (i) produção de alimentos, bioenergéticos e bioprodutos; (ii) redução dos impactos negativos das mudanças climáticas sobre a produção agropecuária e o uso sustentável dos recursos naturais (água, solo, sol, vegetação e fauna); (iii) exploração sustentável dos biomas brasileiros e desenvolvimento da produção agropecuária, em bases simultaneamente competitivas e ecoeficientes; (iv) tecnologias voltadas para a produção de agroenergia, inclusive em áreas degradadas; (v) aproveitamento sustentável da biodiversidade brasileira e para o desenvolvimento de bioprodutos (fármacos, fitoterápicos, cosméticos, etc.), (vi) rastreabilidade e certificação por alimentos com elevado padrão de qualidade; (vii) redução dos custos ambientais e dos custos de produção em sistemas integrados e rotacionados; (viii) diversificação de produtos e a agregação de valor; (ix) aproveitamento de áreas degradadas para o desenvolvimento de sistemas produtivos integrados e rotacionados; (x) produtos nutracêuticos e orgânicos (EMBRAPA, 2015).

Na busca pela manutenção de sua sustentabilidade como instituição, a Embrapa interage e atua com os diversos agentes de inovação vinculados à agricultura brasileira. Nessa perspectiva, sua estratégia de atuação se fundamenta na estruturação e composição de redes, parcerias e arranjos com os setores público e privado. A lógica que norteia todo este processo está relacionada à busca de sinergia e complementariedade de competências, recursos e estruturas que potencializem o processo de inovação em um primeiro momento e que resultem na ampliação quantitativa e qualitativa das soluções tecnológicas disponíveis para a agricultura. Dentre as instituições parceiras destacam-se empresas privadas; organizações públicas e privadas de pesquisa na área agrícola; universidades; organizações de extensão

rural; cooperativas; agências de fomento; fundações; secretarias de agricultura; organizações não governamentais; e outras instituições de ciência e tecnologia. Ao mesmo tempo em que desenvolve suas estratégias e ações de forma cooperativa, a Embrapa também se depara, dada à vasta gama de tecnologias que gera e/ou desenvolve, com concorrentes privados em PD&I, que atuam em áreas tais como; sementes e mudas, defensivos agrícolas, biotecnologia aplicada ao agronegócio, mecanização agrícola, *softwares* e genética animal e vegetal.

Em relação às instituições públicas existem também situações de concorrência, mas estas se dão de forma mais intensa na obtenção de recursos externos junto às agências de fomento e outros agentes financiadores (ex: CNPq, FAPs, Banco Mundial, BNDES, BID). Nesses casos, são processos competitivos nos quais a Empresa submete propostas de projetos, sendo os critérios de seleção dos planos/projetos, definidos por essas organizações, na maioria das vezes, fundamentados no mérito das propostas.

Em sua qualidade de instituição pública de PD&I, o mandato da Embrapa envolve estratégias de promoção e de transferência de tecnologia. Porém, diferentemente do que ocorre com as empresas privadas, a Embrapa não tem como objetivo principal a busca do lucro econômico, mas a geração de tecnologias e conhecimentos que impactem positivamente na produtividade e sustentabilidade da atividade agropecuária, na preservação ambiental, na busca de soluções para as populações rurais, na melhoria nutricional dos produtos agrícolas, no controle e prevenção de pragas e doenças que atacam a produção agropecuária, na formação de recursos humanos capazes de socializar os avanços tecnológicos obtidos. A Embrapa firma parcerias com pessoas físicas ou jurídicas interessadas nas tecnologias resultantes do trabalho de produção da Empresa. Por exemplo, na área de genética de cultivares, para que essas cultivares cheguem ao produtor rural, a Empresa licencia a produção e comercialização das cultivares e também disponibiliza conhecimentos por meio da comercialização e distribuição de publicações de livros técnicos e periódicos de formas impressas e eletrônicas.

O ciclo 2008-2014, compreendido pelo V Plano Diretor da Embrapa, indicou necessidades de melhoria na integração e na dinâmica dos processos de gestão estratégica (planejamento, programação/execução, monitoramento e avaliação). A identificação dessa necessidade levou a Diretoria Executiva da Embrapa a lançar dois projetos especiais com as finalidades de:

- Instituir um processo sistemático e participativo de inteligência estratégica na Empresa (Sistema Agropensa) para alimentar o planejamento e a tomada de decisões na Empresa e apoiar a formulação de políticas públicas; e
- Modernizar e alinhar os instrumentos de gestão de modo a integrar os quatro processos básicos de gestão estratégica – Inteligência Estratégica; Formulação de Estratégias; Planejamento, Monitoramento e Avaliação de Estratégias; e Desenvolvimento e Avaliação Institucional.

Com base na análise prospectiva e de tendências consubstanciada no documento Visão 2014-2034: O Futuro do Desenvolvimento Tecnológico da Agricultura Brasileira, a Diretoria Executiva da Embrapa entendeu que o V PDE tornou-se ultrapassado e decidiu deflagrar um processo de elaboração de um novo PDE. Novos objetivos estratégicos foram estabelecidos, implicando novas contribuições e metas a serem perseguidas pela empresa.

Do ponto de vista econômico, o indicador de rentabilidade tradicionalmente mostrado no Balanço Social da Embrapa é aquele que relaciona o lucro social anual e a receita operacional anual. Historicamente, tal taxa tem se situado entre 7,8 e 14,9 por real investido. Em 2015, este índice foi estimado em 9,23<sup>37</sup>. O maior impacto social registrado para os agricultores que adotaram as cultivares e tecnologias de produção animal da Embrapa é o aumento da geração de renda no estabelecimento, o que indica, uma vez mais, a transferência de renda para os produtores rurais por meio dos resultados da pesquisa pública.

Conforme já descrito anteriormente, é importante ressaltar que a partir de 2012 a Embrapa iniciou um processo de reorganização de sua carteira de projetos tendo como demanda responder a novos desafios mapeados no documento Visão 2014-2034: O Futuro do Desenvolvimento Tecnológico da Agricultura Brasileira. A partir das principais forças motrizes do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira identificados nesse documento foram derivados cinco eixos de impacto: (i) avanços na busca do conhecimento; (ii) inserção estratégica e competitiva na bioeconomia; (iii) contribuições às políticas

---

<sup>37</sup> Entre os principais resultados alcançados em 2015 pela Embrapa se encontra o lucro social de R\$ 26, 87 bilhões. Esse número foi obtido a partir da avaliação dos impactos econômicos de 104 tecnologias e de cerca de 200 cultivares desenvolvidas e transferidas para a sociedade que representam 96,6% do lucro social demonstrado pela Empresa. A relação lucro social/receita líquida em 2015 foi de 9,23. Essa relação da receita de 2015 com o lucro social, no contexto do Balanço Social, embora não possa ser interpretada com a tradicional relação custo/benefício, dado que o benefício é decorrente de investimentos passados, fornece uma indicação de retorno à sociedade. Fonte: Embrapa – Balanço Social 2015.

públicas; (iv) inserção produtiva e redução da pobreza; e (v) posicionamento na fronteira do conhecimento; e doze macrotemas, sendo quatro transversais, para orientar a programação da Empresa, tais como: conhecimentos e tecnologias para o enfrentamento das mudanças climáticas, aproveitamento sustentável dos recursos naturais, novas ciências (biotecnologia, nanotecnologia e geotecnologia), automação, agricultura de precisão e tecnologia da informação e comunicação (TIC), segurança zoofitosanitária das cadeias produtivas, sistemas de produção inovadores e sustentáveis, segurança dos alimentos, nutrição e saúde, tecnologia agroindustrial, da biomassa e química verde, agricultura familiar, produção orgânica e agroecológica, inovações gerenciais nas cadeias produtivas, mercados, política e desenvolvimento rural, comunicação e a busca de novo olhar sobre a agricultura.

A experiência do ciclo 2008-2014 indicou a necessidade de tornar o planejamento estratégico na Embrapa um processo contínuo de diagnóstico do ambiente produtivo e tecnológico agrícola e de formulação de estratégias institucionais. O documento Visão 2014-2034, o VI PDE, as Agendas de Prioridades das Unidades e a implantação do Modelo Integrado de Gestão de Desempenho: Institucional, Programático e de Equipes (Integro) representam os primeiros frutos dessa nova lógica de planejamento na Embrapa iniciada em 2015.

Voltando ao foco da análise desse trabalho, qual seja, a gestão da programação de P,D&I da Embrapa, com ênfase nas figuras programáticas de nível tático do SEG – os macroprogramas 1, 2 e 3 - a fragilidade do nível estratégico foi apontada por avaliações do SEG.

Quanto ao nível tático, constatou-se que esse é um componente do SEG excessivamente centrado na gestão de carteiras - os Macroprogramas – e que não está devidamente instrumentalizado para organizar e gerir conjuntos de projetos de forma harmônica e sinérgica. Como decorrência, a programação apresenta-se relativamente dispersa, com a gestão excessivamente centrada na Sede, com limitada interatividade entre os Macroprogramas e pouca ênfase em composições de projetos. O Sistema Embrapa de Gestão consolidou o processo de gestão de carteira de projetos, mas ainda carece de um processo que proporcione a priorização, a indução, a organização e a execução de um conjunto de projetos complementares, especialmente para temas que transcendam a dimensão e o escopo dos Macroprogramas 1 (Grandes Desafios Nacionais) e 2 (Competitividade e Sustentabilidade Setorial) (GEOPI, 2011).

Nesse contexto, muitos projetos acabavam sendo executados com relativo isolamento, levando a redundâncias e perda de eficiência e, para tentar equacionar essa

questão, foi proposta uma alternativa, com a inclusão de um componente adicional ao nível tático, por meio da gestão de portfólios. Os portfólios não substituem os Macroprogramas, mas operam de forma conjunta e interativa com eles. Assim, um portfólio voltado para determinado tema reúne projetos dispersos nos Macroprogramas 1, 2 e 3. Desse modo, o processo de gestão de portfólio permite a organização de todos os projetos da Empresa em determinado tema, identificando lacunas e oportunidades para elaboração de novos projetos. Assim, os gestores de Macroprogramas passam a atuar mais conjuntamente, na forma de um Grupo Gestor de Macroprogramas, e continuam a coordenar as chamadas, a avaliação de mérito técnico e as recomendações ao Comitê Gestor da Programação (CGP). Também ficam responsáveis pela produção de informação sobre os programas e projetos e o andamento dos Macroprogramas e sua carteira de projetos, em sintonia com os gestores de portfólios. Estes, por sua vez, utilizam as informações coletadas pela gestão dos Macroprogramas e projetos, analisam o andamento das ações planejadas, o esforço empreendido, o orçamento do portfólio e ainda determinam ações necessárias para resolver desvios, redundâncias e conflitos. O processo de acompanhamento e a avaliação focam no processo de produção, ou seja, na geração de produtos, processos, serviços e informações. Espera-se, dessa forma, que a gestão de portfólios no SEG possa ajudar no posicionamento da Embrapa em temas estratégicos; no direcionamento de esforços para busca de ativos de inovação, na melhor coordenação da ação da Empresa em temas sensíveis, com capacidade de antecipação e resposta rápida a desafios emergentes.

Na Embrapa, os portfólios foram definidos como instrumentos de apoio gerencial para a organização de projetos afins (Pesquisa e Desenvolvimento - P&D, Transferência de Tecnologia - TT, Comunicação e Desenvolvimento Institucional - DI), segundo uma visão temática com o objetivo de direcionar, promover e acompanhar a obtenção dos resultados finalísticos a serem alcançados naquele tema, considerando-se os objetivos estratégicos da empresa. Pela característica estratégica e de relevância nacional, os temas dos portfólios são definidos diretamente pelas instâncias estratégicas da empresa e têm caráter corporativo (estratégia *'top-down'*). De 2012 a dezembro de 2015, a Embrapa estabeleceu 23 portfólios corporativos, dentre eles: agricultura irrigada, automação, convivência com a seca, gestão estratégica de recursos genéticos para a agricultura, integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), mudanças climáticas e sistemas de produção de base ecológica.

O Arranjo é um conjunto de projetos convergentes, complementares e sinérgicos devidamente organizados para fazer frente a desafios prioritários em determinado tema, preferencialmente a partir da visão conjunta de mais de uma Unidade. O Arranjo poderá

contemplar projetos existentes na programação cujo escopo necessita ser complementado por novos projetos, ou pode ser constituído totalmente por projetos novos. Diferem dos antigos programas do Sistema Embrapa de Planejamento (SEP) por terem o mesmo conceito do Portfólio corporativo, mas em menor escala e proposto preferencialmente a partir da visão de um conjunto de Unidades (estratégia ‘*bottom-up*’). Os arranjos têm a função de possibilitar a contribuição das Unidades na definição da programação estratégica da Empresa. Em outras palavras, é dado protagonismo às Unidades na definição da programação de PD&I. Até dezembro de 2015 foram 80 arranjos aprovados, trabalhando de forma sinérgica temas como: melhoramento genético, sustentabilidade e sistemas de produção vegetal e animal; HLB do citros e a mosca-das-frutas, pragas e toxinas de grãos armazenados; entre outros.

Além de possibilitarem melhor organização da programação, portfólios e arranjos têm a função de apoiar mecanismos para avaliar, em termos de eficácia, eficiência e efetividade, o desempenho do processo de produção da Embrapa: produção de resultados (*output*), incorporação/apropriação dos resultados pelos clientes/usuários (*outcome*) e avaliação de impactos.

O item a seguir é dedicado ao objeto de análise da tese, quais sejam, os macroprogramas 1, 2 e 3 com ênfase nos métodos e técnicas de priorização e seleção de projetos de P,D&I. A análise terá como modelo a Matriz ou Diagrama de Stacey de forma possibilitar uma vinculação entre macroprogramas e métodos de priorização e seleção em função do grau de concordância entre as partes interessadas e o nível de incerteza inerente à complexidade dos projetos.

#### **4.5 Abordagens, métodos e técnicas de priorização e seleção de projetos de P,D&I para o Sistema Embrapa de Gestão**

Nesse item serão considerados alguns métodos e técnicas de priorização e seleção de projetos de P,D&I com potencial de aplicação ao Sistema Embrapa de Gestão. A identificação desses métodos é resultado da revisão de literatura realizada no Capítulo 2 desta tese, a aderência às especificidades de uma organização pública de pesquisa e ao escopo dos macroprogramas MP1, MP2 e MP3.

A discussão tem início com a apresentação do objeto de análise – os macroprogramas MP1, MP2 e MP3 –, a metodologia vigente para a avaliação das propostas submetidas ao SEG e, finalmente, o alinhamento dos métodos e técnicas estudados aos conceitos da Matriz de Stacey. Desse modo, esses métodos são posicionados na matriz em

função do nível de concordância entre as partes interessadas e o grau de incerteza do problema considerado. A ideia subjacente é a recomendação de utilização de alguns métodos de seleção com o intuito de promover um aprimoramento do processo de decisão de priorização e seleção da programação de pesquisa da Embrapa.

A inclusão das figuras programáticas de portfolio e arranjo no Sistema Embrapa de Gestão (SEG) não exclui, de forma alguma, as funções desempenhadas pelos macroprogramas. Os macroprogramas continuam exercendo o mesmo papel no SEG, na interface dos componentes tático e operacional. As submissões de propostas de projeto são enviadas ao sistema informatizado de gestão da programação (Ideare), via chamadas específicas de arranjos e portfólios, e vinculadas a um determinado Macroprograma e são avaliadas quanto ao mérito técnico, por meio de avaliação pelos pares (*ad hoc* internos e externos) e CTMP, conforme preconizado pelo modelo de gestão vigente (SEG).

Os objetos de análise dessa tese são os macroprogramas MP1 (Grandes Desafios Nacionais), MP2 (Competitividade e Sustentabilidade Setorial) e MP3 (Desenvolvimento Tecnológico Incremental do Agronegócio) por serem os componentes típicos de P,D&I do Sistema Embrapa de Gestão (SEG). Esses programas incorporam em suas carteiras pesquisas de natureza básica, estratégica, aplicada ou temática, com o objetivo de obter avanços significativos ou incrementais para a agricultura brasileira. Para tal, demandam arranjos institucionais mais ou menos complexos, redes ou arranjos simples, em função da complexidade do problema abordado.

A própria implantação do SEG em 2002 delimita o período de análise desse trabalho. Desse modo, o momento atual da gestão da programação de pesquisa da Embrapa é o foco do estudo. Isso porque, em relação ao tema central da tese – priorização e seleção de projetos de P,D&I – não houve, desde 2002, nenhuma alteração quanto à metodologia de avaliação das propostas submetidas ao sistema de gestão.

Para os três macroprogramas estudados, os critérios de avaliação baseiam-se, fundamentalmente, em quesitos de mérito técnico-científico, tais como: questões técnico-científicas colocadas, adequação metodológica, resultados e impactos esperados, coerência lógica, qualificação da equipe e adequação do cronograma e orçamento. Essa avaliação de mérito técnico-científico é realizada da seguinte forma. Os líderes dos projetos submetem as propostas por meio de um sistema informatizado de gestão da programação (IDEARE) em resposta à chamadas publicadas internamente pela Embrapa. Essas propostas são submetidas a um macroprograma específico em função das características do projeto e, numa avaliação inicial, o gestor do macroprograma verifica a aderência da proposta ao seu escopo. Em

seguida, o gestor do macroprograma envia essas propostas para avaliação de consultores *ad hoc* (internos e externos à Embrapa) que recomendam ou não a aprovação da proposta. Recebidas essas avaliações, as comissões técnicas de macroprogramas (CTMPs) se reúnem para dar continuidade à apreciação de mérito técnico-científico das propostas. Essas CTMPs também são compostas por membros externos e internos à Embrapa e baseiam suas avaliações tanto no conhecimento disponibilizado anteriormente pelos consultores *ad hoc* quanto, principalmente, em suas próprias especialidades. Da mesma forma que os consultores *ad hoc*, as CTMPs recomendam ou não a aprovação das propostas.

Nessa fase inicial, envolvendo consultores *ad hoc* e comissões técnicas, a avaliação das propostas tem sido, exclusivamente, uma avaliação por pares (*peer review*), sem a utilização complementar de qualquer abordagem, metodologia, técnica ou ferramenta de priorização e seleção de projetos de P,D&I. E isso se aplica aos três macroprogramas (MP1, MP2 e MP3), objetos de análise.

O processo é finalizado com uma avaliação de mérito estratégico das propostas, realizada pelo Comitê Gestor da Programação (CGP), órgão colegiado interno da Embrapa. As propostas são avaliadas em função da qualidade técnica, alinhamento estratégico, riscos associados à execução do projeto, avanço técnico-científico proposto e ganhos esperados para clientes e beneficiários. Essa instância final de avaliação tem como referências, os objetivos e diretrizes estratégicas das agendas de prioridades de cada unidade, o Plano Diretor da Embrapa e o Documento Visão 2014-2034. Vale dizer que, também nessa fase, e para todos os macroprogramas, não é empregado nenhum método, técnica ou abordagem específica de seleção de projetos de P,D&I.

Desse modo, com base na literatura sobre definição de prioridades e seleção de projetos de P,D&I e no modelo analítico definido como a Matriz de Stacey, a ideia central consiste na identificação de métodos, abordagens e ferramentas com potencial de aplicação em uma instituição pública de pesquisa, como é o caso da Embrapa. São observadas nessa análise as especificidades e características da instituição bem como da gestão de P,D&I. Nesse sentido, são consideradas as capacidades dinâmicas da organização, notadamente suas capacidades de identificação e percepção (*sensing*), captura e aproveitamento de oportunidades (*seizing*) e reconfiguração, modificação e/ou adaptação de seu ambiente de atuação (*reconfiguring*).

Adicionalmente é observada a capacidade dinâmica como uma organização ambidestra, em função de sua missão organizacional de gerar conhecimentos e avanços técnico-científicos, além de inovação incremental e radical por meio de seus programas e

portfolios de pesquisa como pressupõem as características dos macroprogramas MP1 (inovação radical e incremental), MP2 (inovação radical e incremental) e MP3 (projetos finalísticos, inovação incremental). Desse modo, este trabalho propõe uma abordagem metodológica para futura aplicação no processo decisório de priorização e seleção de projetos de inovação da Embrapa e, potencialmente, em outras organizações públicas de pesquisa.

Um exercício inicial consiste, portanto, em posicionar os macroprogramas na Matriz de Stacey, em função das características de cada uma dessas figuras programáticas do nível tático do Sistema Embrapa de Gestão (SEG). Para alcançar este objetivo, é importante analisar o escopo e especificidades de cada macroprograma (MP1, MP2 e MP3).

O Macroprograma 1 (MP1) tem por objetivo a gestão de uma carteira de projetos com base científica elevada, transdisciplinar e multi-institucional, abordando pesquisas de natureza básica, estratégica ou aplicada, mas de caráter estratégico, para atender aos grandes desafios nacionais, que exijam para sua execução arranjos institucionais complexos ou grandes redes e aplicação intensiva de recursos. Busca alcançar avanços tecnológicos radicais e estabelecer novos paradigmas para o conhecimento e o padrão tecnológico do agronegócio brasileiro, seus setores e atividades afins. O enfoque da carteira está voltado a pesquisas relacionadas a “mudanças climáticas globais”, “biologia avançada”, “recursos genéticos”, “cenários agrícolas futuros”, “recursos hídricos” e “integração lavoura-pecuária-floresta”. Nesse sentido, a programação de pesquisa desse macroprograma está fortemente alinhada aos objetivos estratégicos da Embrapa e são projetos que buscam responder aos grandes desafios nacionais.

O MP1 é um mecanismo de indução de projetos em grandes redes e sua carteira atual representa 8% da programação em execução em termos quantitativos (Figura 4.4) e 15% dos recursos da Embrapa alocados aos projetos, como demonstra a Figura 4.5. Cabe destacar que a participação de recursos externos (contrapartida e outras fontes) é importante, representando, em termos históricos, aproximadamente 30% do total de recursos do MP1. Os projetos em grandes redes, característicos do MP1 são compostos, de uma forma geral, por diversas instituições, de acordo com seu escopo de atuação e, por consequência, a gestão desses projetos é sempre complexa.

O Macroprograma 2 (MP2) incorpora em sua carteira projetos de médio prazo, de caráter aplicado, estratégico ou eventualmente básico, de natureza temática, que exijam para sua execução a organização de equipes interativas e redes, para obter avanços significativos e inovadores no conhecimento e no padrão tecnológico da agricultura brasileira, seus setores e atividades afins, bem como subsidiar políticas públicas voltadas para estimular a

competitividade e a sustentabilidade da agricultura. Os projetos do MP2 constituem redes menos complexas que o MP1 mas, ainda assim, demandam uma aplicação significativa de recursos.

A programação do MP2 representa o “*core*” da programação de P&D da Embrapa com o domínio dos temas “melhoramento genético” e “sistemas de produção” e responde por cerca de 33% do total de projetos em execução no SEG, como mostra a Figura 4.4 e 50% dos recursos aplicados, o que pode ser verificado na Figura 4.5.

A carteira de projetos do MP2 busca, por exemplo, o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade, seleção de cultivares e sistemas de produção para enfrentamento das mudanças climáticas, desenvolvimento de metodologias para avaliação genética de bovinos, sistemas de geodécisão para a pecuária, dentre outras soluções tecnológicas inovadoras e subsídios para políticas públicas.

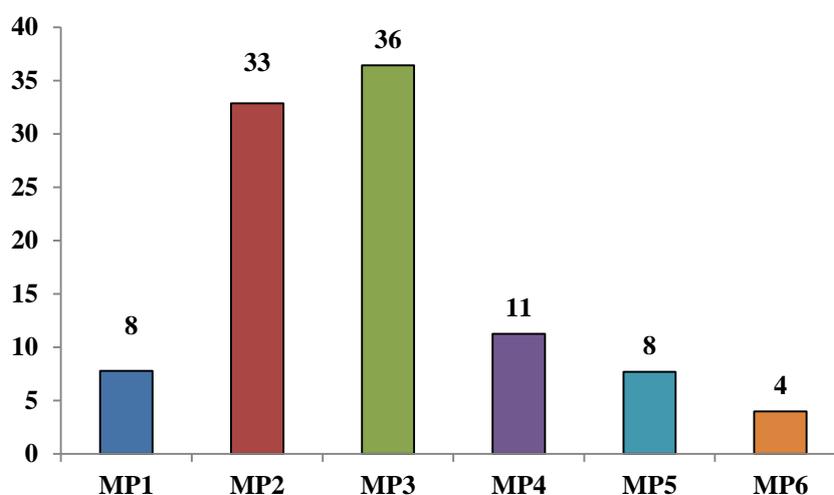
A avaliação do SEG realizada pelo GEOPI em 2011 destaca que, em algumas culturas tradicionalmente importantes para a Embrapa, as taxas de participação de novas variedades no mercado são decrescentes, indicando que os projetos de P&D poderiam ter maior impacto se fossem, desde seu início, projetos não apenas de P&D, mas também de inovação. Isso implicaria em mudanças no formato das redes no que diz respeito às dimensões e objetivos dos projetos do MP2. Embora isso já se verifique em alguns casos em que o desenvolvimento de novas variedades atende diretamente a demandas da produção, esta visão precisa ser ampliada.

O Macroprograma 3 (MP3) é responsável pela gestão de projetos de P&D destinados a apoiar o aperfeiçoamento tecnológico contínuo da agricultura e atividades correlatas, atendendo suas demandas e necessidades de curto e médio prazos, executados através de arranjos simples e pouco intensivos em aplicação de recursos. Este Macroprograma prioriza apoio a projetos finalísticos que possibilitem a concretização de impacto da pesquisa realizada pelas Unidades, redes e equipes da empresa e seus parceiros.

Alinhada aos objetivos do MP3, a carteira desse macroprograma inclui projetos de validação de conhecimentos e tecnologias, aplicação de métodos e desenvolvimento de automação para sistemas de colheita de grãos, por exemplo. Consequentemente, o MP3 é um programa abrangente, com várias linhas de pesquisa e predominância de projetos que têm como objetivo o desenvolvimento e adaptação de tecnologias, ou seja, a ênfase do programa é o desenvolvimento tecnológico incremental. Considerando a programação de pesquisa em execução, o MP3 responde por 36% em número de projetos (Figura 4.4), o que significa que é o macroprograma com o maior número de projetos no SEG. Por outro lado, quando se trata de

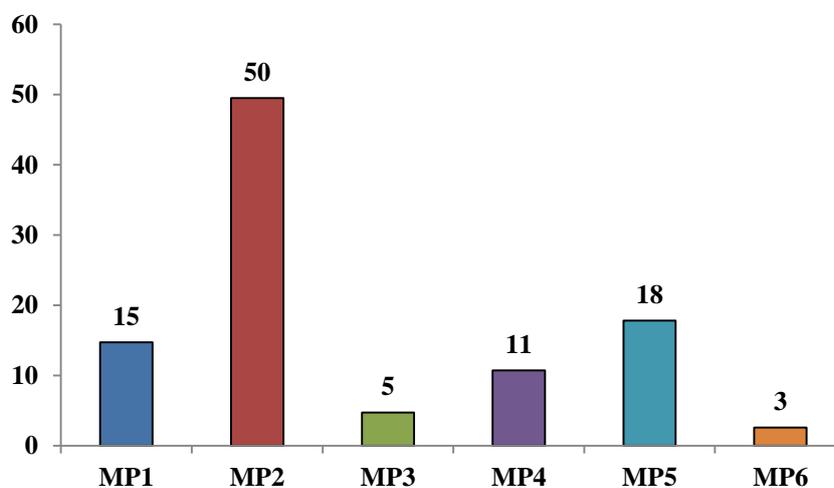
recursos, ao MP3 são alocados 5% do orçamento da programação, como mostra a Figura 4.5. Dado o volume de projetos e a importância de se aproveitar a oferta de recursos externos existente no sistema de CT&I do país, é preciso fortalecer as instâncias orientadoras para que o MP3 privilegie o foco institucional sem comprometer a busca de oportunidades (GEOPI, 2011).

**Figura 4.4** Programação do SEG em execução (em %)



Fonte: elaborado pelo autor

**Figura 4.5** Recursos alocados por macroprograma (em %)

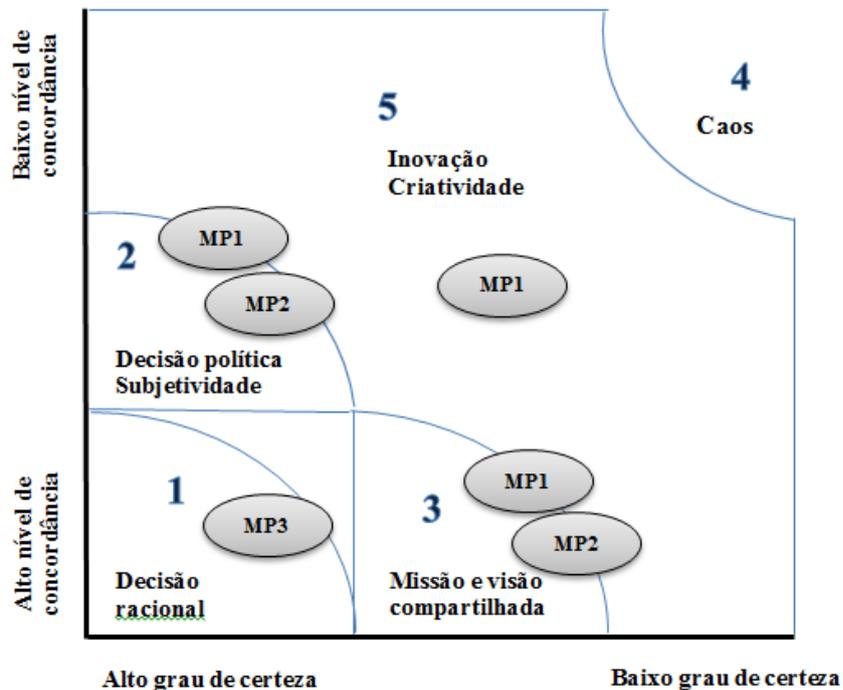


Fonte: elaborado pelo autor

Uma consideração importante, neste momento, é o entendimento do termo “concordância” para os propósitos de análise. Como propõe o modelo definido por Stacey (1995), o problema é a seleção de ações gerenciais em um ambiente de complexidade, ou seja, a tomada de decisão sob incerteza. Portanto, a concordância, como indica Queiroz (2015) refere-se à consonância de opiniões e harmonia, de aceitação e acordo entre as partes envolvidas no processo decisório. Da mesma forma, é fundamental para a compreensão do posicionamento dos métodos e técnicas de priorização e seleção tornar explícita a ideia de “incerteza” na Matriz de Stacey. A incerteza é a norma no processo de inovação, pois não se sabe com antecipação se o resultado de um projeto de P,D&I será alcançado, sua viabilidade técnica ou econômica. A gestão eficaz de P,D&I demanda uma complexa interação de variáveis. O termo “incerteza”, portanto, pode ser definido em termos de situações nas quais o conjunto de ações possíveis ou estados futuros é desconhecido, baseado em conhecimento parcial (*partial knowledge*).

A Figura 4.6 exibe o posicionamento dos macroprogramas na Matriz de Stacey em função das características de cada uma dessas figuras programáticas do SEG, o nível de concordância e o grau de incerteza.

**Figura 4.6** Posicionamento dos macroprogramas na Matriz de Stacey



**Fonte:** elaboração própria a partir de Queiroz (2015)

A região de complexidade da Matriz de Stacey (região 5) é, portanto, o *locus* natural de atuação de uma instituição de pesquisa, desenvolvimento e inovação. Nesse ambiente, a diversificação pode ser uma primeira técnica para lidar com o risco. Entretanto, essa diversificação pode funcionar bem para um portfólio de ativos financeiros em função da correlação negativa entre eles. Para projetos de P,D&I é difícil a avaliação do retorno esperado e a distribuição probabilística do comportamento dos projetos sob condições de incerteza. A simples aplicação da teoria financeira é problemática dadas as diferenças significativas entre investimentos financeiros e projetos de P,D&I que não podem ser negociados no mercado porque o produto final ainda não existe e pode, até mesmo, nunca existir (embora no mercado de capitais seja possível – e comum - a sustentação de investimentos em empresas baseadas em tecnologias ainda em fase de desenvolvimento).

A definição de prioridades e seleção de projetos de P,D&I está voltada para novas oportunidades, novos produtos, tecnologias e processos e novos empreendimentos lidando, desse modo, com eventos futuros e oportunidades nas quais o contexto é permeado de incerteza. Entretanto, essas afirmações de forma nenhuma desprezam a importância da diversificação em uma programação de pesquisa considerando que a presença de projetos de alto e baixo risco, de *major innovation* e de inovação incremental, são fundamentais para os objetivos estratégicos da organização e, mais ainda, para uma organização ambidestra. De toda forma, o ambiente é caracterizado por complexidade.

Considerando que nenhum método, abordagem, técnica ou ferramenta, como aponta a literatura, é capaz de proporcionar uma solução definitiva e universal, são considerados aqueles instrumentos que sejam aderentes ao escopo e particularidades de cada um dos macroprogramas MP1, MP2 e MP3 e a complexidade decisória decorrente. Desse modo, fica indicada, desde já, a necessidade de utilização de combinações de abordagens e métodos híbridos de acordo com o problema a ser solucionado e sua complexidade.

A revisão de literatura realizada para a elaboração do Capítulo 2 subsidia a identificação dos métodos potenciais de aplicação para priorização e seleção de projetos do SEG. Essa seleção de métodos e abordagens baseia-se na amplitude, em maior ou menor grau, de sua utilização, conforme apontada na literatura, as vantagens e desvantagens percebidas de cada abordagem, facilidade de utilização e clareza dos princípios. Em função disso, foram selecionados para esse trabalho os seguintes métodos e abordagens:

- Métodos econômicos e financeiros
- Modelos de programação matemática
- Abordagens *Ad Hoc*
- Opções reais
- Métodos multi-critério
- Análise Envolvória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*)
- Análise de agrupamento de tecnologias (*Technology Cluster Analysis*)

Uma observação preliminar sobre os métodos econômicos e financeiros tradicionais aplicados a seleção de projetos é importante. Essas técnicas baseiam-se na atribuição de valores a artefatos, meios e mercados que ainda não existem e cujos preços são precariamente conhecidos, estando, portanto, fundadas numa estrutura de expectativas que depende fortemente da imaginação do tomador de decisão. No espectro de “grau de novidade” envolvida na P,D&I, essa condição assume importância maior quanto maior for esse grau. Se para uma empresa essa situação não retira o cálculo financeiro do centro do processo decisório (ainda que seja baseado em valores imaginados e, portanto, subjetivos), para uma instituição pública de pesquisa a centralidade do cálculo financeiro vai variar justamente em função do tipo de projeto em desenvolvimento: quanto mais coligado com uma empresa, mais central ele se torna; quanto menos, mais periférico, ainda que possa – e muitas vezes deva – ser feito.

Para situações nas quais o nível de acordo e o grau de certeza são elevados (região 1 da Matriz de Stacey – Simples), abordagens econômico-financeiras podem ser adequadas, especialmente, para projetos finalísticos, nos quais a obtenção de inovações incrementais é o objetivo. Assim, técnicas para a decisão de investimento, como o cálculo do valor presente líquido, taxa interna de retorno e prazo de retorno do investimento (período de *payback*) são capazes de fornecer indicadores simples sobre a viabilidade ou não daquele investimento do ponto de vista econômico-financeiro. Ainda assim, é importante salientar que se trata de uma decisão de investimento em inovação e a incerteza estará sempre presente. Uma solução não otimizadora, é a utilização de métodos híbridos e, para a priorização, a utilização conjunta com um método como o AHP pode ser indicada.

Desenvolvido por Thomas Saaty e conhecido por sua sigla AHP, proporciona a estruturação de uma avaliação multi-projetos na forma de uma hierarquia. É um modelo capaz de lidar com a intuição e a racionalidade limitada dos agentes em um problema complexo de tomada de decisão que precisa considerar múltiplos critérios, objetivos e atores diante de uma variedade de alternativas. Situação típica dos problemas de priorização e seleção de projetos de P,D&I, na qual estão presentes a incerteza e a necessidade de consonância entre os participantes da tomada de decisão. Uma qualidade fundamental do método é a capacidade de incorporar na avaliação critérios objetivos e subjetivos, inevitavelmente presentes em uma decisão sobre estabelecimento de prioridades e seleção de projetos de inovação. Desse modo, é um método com qualidades suficientes para utilização nas quatro regiões relevantes para a decisão na Matriz de Stacey. Assim, para problemas complexos (região 5 – “Complexo”) da matriz, o AHP pode ser um método multicritério de apoio à decisão de priorização e seleção para alguns projetos dos macroprogramas MP1 e MP2 que tenham como objetivo a obtenção de avanços radicais. Nesse cenário, a intuição, a busca e o desenvolvimento e a criatividade são os quesitos para a obtenção da inovação. E, ao ser capaz de incorporar na solução do problema, critérios objetivos e subjetivos e promover uma hierarquização das alternativas, o AHP é um método adequado para um contexto de incerteza e de construção de consenso entre os atores da decisão.

Os cenários de decisão representados pelas regiões 2 e 3 (“Complicado”) da matriz também serão beneficiados por um método que proporciona a estruturação de um problema complexo, define escalas de razão e sintetiza a decisão. Apesar das figuras programáticas dos macroprogramas definirem uma tipologia específica para os projetos, tanto a carteira do MP1 quanto do MP2 podem abrigar pesquisas de natureza básica, estratégica ou aplicada. Os problemas a serem solucionados por esses projetos podem demandar, em maior ou menor grau, negociação, decisão política e/ou compartilhamento da missão e visão organizacional. Nesse contexto, um método capaz de lidar com a diversidade de atores e, conseqüentemente, com múltiplos critérios, objetivos e subjetivos, deve ser aplicado.

Uma dificuldade para utilização do AHP para os projetos finalísticos do MP3, que tem como objetivo a inovação incremental, é o elevado número de propostas – aproximadamente 150 - submetidas em atendimento às chamadas do SEG. De qualquer forma, a utilização do AHP pode ser aplicada a um conjunto específico como, por exemplo, para seleção de projetos de P,D&I aos portfolios temáticos do SEG. O posicionamento do MP3 na região 1 (“Simples”) da Matriz de Stacey responde ao escopo do macroprograma. Entretanto, em algumas ocasiões podem ser publicadas chamadas de propostas para esse

MP3, cujo objetivo seja a obtenção de soluções criativas para desenvolvimentos incrementais e, assim, a combinação com outros métodos é indicada.

Portanto, qualquer situação que demanda estruturação, medição e síntese é uma boa candidata para a aplicação do AHP – ou outro método multicritério, seja hierárquico, seja de outranking, como o ELECTRE e o PROMETHEE.

Um aspecto relevante do método AHP é a promoção da comunicação entre os avaliadores sobre as prioridades a partir do momento em que possibilita a quantificação dos valores subjetivos atribuídos. Isso, por sua vez, destaca os benefícios de um projeto de P,D&I que não são passíveis de uma medição estrita e possibilita o foco nas questões potenciais de geração de resultados. Em função das características dos MPs, o método AHP tem uma aplicação potencial maior nos MPs 1 e 2, ainda que seja válida para o MP3. Nesse sentido, o AHP é um método com potencial de aplicação na Embrapa, ao se considerar a complexidade da questão envolvida que não pressupõe ampla concordância entre os atores do processo decisório, o conhecimento parcial dos atores envolvidos no processo e a incerteza limitada, inerente à gestão de P,D&I.

Os modelos de programação matemática buscam a otimização de uma função objetivo sujeita a uma restrição ou conjunto de restrições. A revisão de literatura constatou que, apesar de ser um modelo bastante utilizado na literatura sobre seleção de projetos de P,D&I, poucas aplicações práticas são identificadas. Isso ocorre, frequentemente, porque os modelos de programação matemática exigem dados que a gestão de P,D&I não está preparada para providenciar. Entretanto, essa mesma revisão de literatura identificou que modelos de programação matemática baseados em lógica *fuzzy* (modelos *fuzzy*) são capazes de capturar situações nas quais o processo de tomada de decisão pode ser satisfeito com a superação de um determinado nível e não, necessariamente, a maximização de uma função objetivo.

Cabe destacar que a natureza da P,D&I e de seu ambiente de atuação são caracterizados precipuamente pela incerteza. Dadas as características dos projetos do MP1, como a busca de avanços radicais e novos paradigmas e a pequena quantidade de propostas que, historicamente, são submetidas à avaliação, essa carteira de projetos é uma candidata à utilização de modelos de programação matemática baseados em lógica *fuzzy*. Acrescente-se a isso o fato de que projetos que visam à inovação radical e avanços científicos significativos estão, de acordo com a Matriz de Stacey, em uma posição na qual a discordância pode estar presente, mas a incerteza limitada é certa.

Outro modelo de programação matemática é o modelo da mochila (*knapsack problem*) que, por meio de uma formulação de programação inteira, incorpora diferentes tipos

de restrição. Entretanto, esse modelo incorpora a utilidade como uma função objetivo e, dessa forma, há uma tendência à seleção de projetos de baixo custo, podendo, ocasionalmente, excluir da seleção, projetos estratégicos. Ainda assim, o modelo propicia um “melhor preenchimento da mochila”, ou seja, a utilização dos recursos disponíveis. Observadas essas restrições, a aplicação do modelo de *knapsack problem* pode se dar quando a tomada de decisão envolve projetos finalísticos de baixo custo, como é o caso do MP3.

Os modelos econômicos e financeiros tradicionais assumem que o projeto gera somente um resultado/produto e não consideram as alternativas. Investimentos em P,D&I criam oportunidades, opções para investimentos subsequentes. Desse modo, uma abordagem que incorpora a incerteza como a Teoria de Opções Reais pode justificar investimentos de P,D&I de longo prazo, feitos pelo setor público, dado que envolve decisões sobre atividades futuras com riscos desconhecidos. Ao incorporar as incertezas – de mercado e tecnológicas – essa abordagem proporciona uma visão estratégica no processo de tomada de decisão. Nesse sentido, a avaliação de um projeto de P,D&I pela Teoria de Opções Reais considera o projeto como uma opção que pode ser exercida, ou não, no futuro. Para projetos que buscam avanços radicais (MP1) e assegurar a competitividade do agronegócio brasileiro (MP2), as metodologias devem considerar as especificidades de um investimento em projetos de P,D&I, tais como o momento do investimento, a incerteza e a irreversibilidade.

Projetos dessa natureza precisam de um sistema de monitoramento, tanto para identificar os melhores momentos de continuidade ou interrupção (*go-no go*), como para minimizar perdas e maximizar ganhos com o conhecimento que se acumula ao longo do projeto. Evidentemente esse tipo de abordagem exigiria mudanças importantes na cultura e nos processos de gestão de projetos de P&D&I em parcerias.

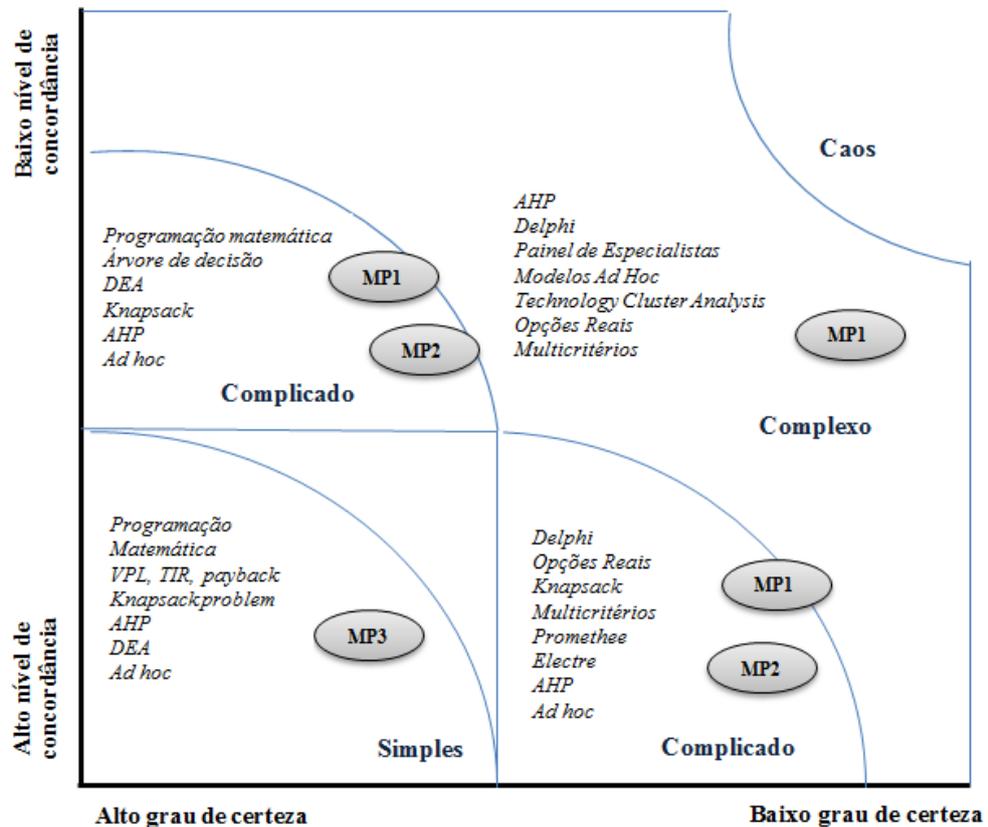
Outro método com potencial de aplicação ao processo decisório de priorização e seleção de projetos de P,D&I é a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*). O método ajuda a definir o posicionamento competitivo relativo de um conjunto de atividades, no caso, projetos de P,D&I, contrapondo suas eficiências ou ineficiências técnicas, de escala e alocativas. O DEA pode determinar quais projetos, são eficientes e definir a ineficiência relativa dos projetos que são dominados por aqueles que estão na fronteira de eficiência. A força do modelo está no ranqueamento dos projetos permitindo sua classificação em grupos de projetos *aceitos, podem ser aceitos e rejeitados*. Essa classificação auxilia a compreensão dos objetivos estratégicos e proporciona o refinamento na seleção de projetos de inovação.

Vale aqui a mesma observação feita acima para a necessidade de mudança de cultura dentro das OPPs para trabalhar com mentalidade de eficiência e possibilidade de abandono ou mudança de rumo em projetos ou em linhas de pesquisa. Esse é um ponto que exigiria uma reconstrução da cultura organizacional relativa à gestão de P&D em instituições públicas de pesquisa.

Uma abordagem mais ampla, com aplicação tanto para definição de prioridades quanto para a seleção de projetos de inovação é a *Technology Cluster Analysis* (Análise de *Cluster* de Tecnologias). A utilidade da metodologia está relacionada à construção de um mapeamento cognitivo baseado na opinião de especialistas, sendo útil no planejamento de projetos de P&D dedicados a problemas nacionais, particularmente em áreas emergentes. A análise de cada *cluster* produz informação sobre as similaridades e diferenças entre tecnologias específicas e o tomador de decisão pode utilizá-las para a definição de prioridades e seleção de projetos. Nesse sentido, sua aplicação está alinhada aos preceitos dos macroprogramas MP1 e MP2 e seu potencial se estende à definição de linhas de pesquisa para essas carteiras de projetos da Embrapa.

Como mencionado anteriormente, a abordagem utilizada por todos os macroprogramas para a priorização e seleção de projetos é a revisão por pares (*peer review*). Há que se destacar que a apresentação de abordagens, técnicas e métodos baseados em métodos multicritérios como o AHP, além de, programação matemática, modelos econômico-financeiros, análise de *cluster*, dentre outros, não prescinde da avaliação de especialistas. Muito pelo contrário, modelos *ad hoc*, como *Delphi*, Painel de Especialistas e o próprio *peer review* podem sempre apoiar, complementar e reforçar o processo decisório de priorização e seleção. Nesse sentido, é uma abordagem que deve estar presente em qualquer cenário da Matriz de Stacey e de decisão sobre a inovação em uma organização pública de pesquisa.

**Figura 4.7** Posicionamento dos métodos de priorização e seleção de projetos de P,D&I e macroprogramas na Matriz de Stacey



**Fonte:** elaboração própria a partir de Queiroz (2015)

Em resumo, a tomada de decisão relativa à priorização e seleção de projetos de P,D&I é um processo no qual, por sua própria natureza, estão presentes a incerteza e atores com interesses e objetivos diversos, o que resulta em múltiplos critérios para a decisão. A carteira de projetos de inovação da Embrapa abriga pesquisas de natureza básica, estratégica e aplicada com o objetivo de gerar soluções para a agricultura brasileira por meio de avanços significativos e inovadores, bem como subsidiar políticas públicas para promover a sustentabilidade e competitividade do agronegócio brasileiro.

A Embrapa é, portanto, uma organização ambidestra, dado que como uma organização pública de pesquisa ela tem como missão viabilizar soluções tecnológicas por meio de inovações radicais e incrementais. Nesse contexto, o processo de gestão e decisão sobre a programação de pesquisa precisa incorporar abordagens, técnicas e métodos de

priorização e seleção que sejam capazes de apoiar, complementar e incrementar as abordagens *ad hoc* dominantes nas avaliações do Sistema Embrapa de Gestão (SEG).

A complexidade do processo de inovação e a busca de sustentabilidade e competitividade organizacional demandam a constante incorporação e sofisticação de novas rotinas e práticas gerenciais. E a abordagem de posicionamento dos métodos de priorização e seleção de projetos de P,D&I na Matriz de Stacey constituem um auxílio a um processo decisório no qual é imperativo considerar a incerteza e a construção de um acordo entre as partes interessadas.

Diante da amplitude e complexidade dos desafios colocados a uma organização pública de pesquisa, de maneira geral e à Embrapa em particular – mudanças climáticas, desenvolvimento rural, convivência com a seca, agricultura de precisão, integração lavoura-pecuária-floresta, segurança dos alimentos, dentre outros – e da diversidade e variedade de métodos e técnicas de priorização e seleção de projetos, o intuito deste trabalho não é uma prescrição normativa de adoção desta ou daquela abordagem para a tomada de decisão.

O importante a considerar é a incorporação dos conceitos de incerteza limitada (*bounded uncertainty*) de Schackle (1969), de conhecimento parcial (*partial knowledge*) de Knight (1921) para a decisão em inovação e a noção de que é possível e desejável o emprego do arsenal metodológico de seleção de projetos nos diferentes regimes de pesquisa conduzidos por uma OPP.

## CONCLUSÃO

As organizações públicas de pesquisa (OPPs) estão diante de um cenário no qual a busca da sustentabilidade e competitividade é crescente e seu ambiente de atuação é definido pela presença de múltiplos atores e desafios. Para essas organizações, a priorização e seleção de projetos de P,D&I é uma tarefa complexa dada a necessidade de observância de variáveis técnico-científicas e políticas demandando a incorporação de múltiplos critérios na análise.

A organização deve selecionar projetos alinhados às suas metas de curto prazo assim como com seus objetivos de longo prazo e a ênfase deve ser a geração de projetos de P,D&I de alta qualidade por meio de comunicação eficaz das prioridades corporativas. Desse modo, a seleção de projetos é um problema estratégico e uma das mais importantes decisões organizacionais devendo considerar metas e objetivos que são usualmente conflitantes. Não apenas a seleção para priorizar projetos e programas, mas também a decisão de sair e mudar de trajetória, sempre uma dificuldade e uma ação delicada em P,D&I.

A seleção de projetos de P,D&I é caracterizada por informação incerta e mutável, pois lida com eventos que ainda não ocorreram, constituindo um problema complexo e não trivial com importantes implicações organizacionais e, conseqüentemente, a natureza da tomada de decisão no processo de inovação encontra dificuldades de solução sob modelos otimizadores. O objetivo de otimização nem sempre é possível, mas sim, de acordo com o conhecimento disponível e em função dos objetivos, critérios e atores componentes. Portanto, não é possível alcançar uma racionalidade objetiva.

A definição de prioridades e a seleção de projetos de P,D&I são processos dinâmicos e constituem um momento de decisão. A questão subjacente está relacionada à possibilidade de se estabelecer um sistema capaz de definir a melhor decisão e como tomar a melhor decisão. Portanto, seja no nível organizacional, científico ou tecnológico, problemas como priorização e seleção estarão sempre lidando com o problema da tomada de decisão sob condições de incerteza.

A gestão de P,D&I é caracterizada por incerteza, e o aspecto estratégico da gestão envolve uma interação complexa de variáveis tais como: alocação de recursos, o equilíbrio entre risco e retorno, projetos de curto e longo prazos, pesquisa e desenvolvimento, inovação incremental e radical. A incerteza associada à inovação pode ser percebida nas diferenças de opinião sobre a seleção de projetos e estratégias alternativas, pois um mesmo conjunto de dados e informações sobre características de um mesmo conjunto de projetos pode levar a diferentes priorizações dos agentes envolvidos. A priorização e a escolha de projetos de

inovação é fundada, portanto, em conhecimento parcial (*partial knowledge*) e incerteza limitada (*bounded uncertainty*).

Conhecimento parcial porque a tomada de decisão em priorização e seleção de projetos de P,D&I se dá em função da opinião, mais ou menos fundamentada, e que não é baseada em ignorância ou informação completa e perfeita. Dessa forma, em relação ao futuro, a ignorância dos agentes é somente uma ignorância parcial o que torna impossível definir, objetivamente, as mudanças produzidas nas condições que envolvem a formação de opinião.

Quanto a incerteza, muito foi dito ao longo deste trabalho sobre algumas características fundamentais dos processos de ciência, tecnologia e inovação. A indeterminação relativa ao lapso temporal entre a atividade de pesquisa e a produção de resultados. O perfil profissional e a cultura organizacional ligadas à P,D&I. E, finalmente, a tendência de execução coletiva das atividades de pesquisa e desenvolvimento. É, nesse contexto, portanto, que se dá o processo decisório. Assim, a decisão é um corte entre passado e futuro e a decisão significativa ocorre em um mundo intermediário e pessoal de ignorância limitada (*bounded ignorance*). Portanto, a incerteza verdadeira não significa incapacidade de decisão, mas implica em pressupostos na escolha de práticas e métodos de tomada de decisão.

Uma organização pública de pesquisa e, especificamente a Embrapa, lida com carteiras de projetos de base científica elevada ou básica, transdisciplinares ou não, abordando pesquisas de natureza básica, estratégica ou aplicada, em grandes redes ou em arranjos simples, buscando obter avanços significativos e inovadores. Desse modo, a programação de pesquisa objetiva, simultaneamente, atingir avanços tecnológicos radicais e definir novos paradigmas para o padrão tecnológico do agronegócio.

As noções de competências essenciais e capacidades dinâmicas, ativos específicos e complementares são aplicáveis a organizações que competem por recursos e têm alguma relevância em seu ambiente de atuação. A sustentabilidade e competitividade organizacionais são construídas a partir de competências essenciais e capacidades dinâmicas. Para uma organização de ciência, tecnologia e inovação essas capacidades pressupõem a habilidade para identificar e capturar oportunidades e ameaças, bem como reconfigurar seus ativos, processos e rotinas organizacionais em função do e para o ambiente no qual estão inseridas.

Ainda, essas capacidades dinâmicas, no caso de uma organização pública de pesquisa como a Embrapa, devem responder a um ambiente específico – a agricultura – com as complexidades que lhe são inerentes. Desse modo, desafios tais como; mudanças climáticas, melhoramento genético, agricultura e desenvolvimento rural, sistemas de

produção, dentre outros desafios, refletem, em um determinado momento, parte da diversidade de problemas com os quais a pesquisa agrícola se defronta.

A carteira de projetos de inovação da Embrapa abriga pesquisas de natureza básica, estratégica e aplicada com o objetivo de gerar soluções para a agricultura brasileira por meio de avanços significativos e inovadores, bem como subsidiar políticas públicas para promover a sustentabilidade e competitividade do agronegócio brasileiro. Essa capacidade de produção de soluções tecnológicas incrementais e radicais faz da Embrapa uma organização ambidestra e, para tal, seus processos de priorização e seleção de projetos de P,D&I devem incorporar abordagens, técnicas e métodos de priorização e seleção que aprimorem o processo de tomada de decisão do Sistema Embrapa de Gestão (SEG).

Dessa forma, uma organização pública de pesquisa sendo ambidestra precisa dispor de diferentes meios de priorização e apoio à decisão. Isso porque a organização está continuamente lidando com a fronteira do conhecimento, inovações incrementais e radicais, o que implica no fato dela ser capaz de tomar decisões considerando a inovação incremental e a inovação radical.

Essa capacidade ambidestra pressupõe que a organização seja detentora de distintas habilidades, processos, procedimentos, estruturas organizacionais, regras de decisão e disciplinas que constituem, ao nível da organização, a percepção, captura e reconfiguração de capacidades. Assim, essas capacidades dinâmicas podem ser desagregadas em capacidade de percepção e entendimento de oportunidades e ameaças; captura e apropriação de oportunidades e manutenção da competitividade por meio do aumento, combinação, proteção e, quando necessário, reconfiguração (*reconfiguring*) dos ativos organizacionais. Em outras palavras, uma organização pública de pesquisa deve ser capaz, não apenas, de se adaptar a seu ecossistema de atuação, mas também, determinar esse ecossistema por meio da inovação.

Portanto, o problema consiste na seleção das ações gerenciais para atuação em um sistema complexo. E para abordar esse problema este trabalho recorreu a um modelo – a Matriz de Stacey - para selecionar as ações gerenciais em um sistema complexo baseado no *grau de certeza* e *nível de acordo* sobre o problema em questão. Assim, a Matriz de Stacey utiliza diferentes perspectivas para a compreensão de questões relativas à gestão da complexidade e fornece uma forma de lidar com sistemas complexos no qual as decisões, a análise dos processos e as atividades relativas à complexidade ocorrem em diferentes regiões – tomada de decisão racional; tomada de decisão política; tomada de decisão de julgamento; caos e; complexidade.

Os objetos de análise desta tese foram os macroprogramas MP1 (Grandes Desafios Nacionais), MP2 (Competitividade e Sustentabilidade Setorial) e MP3 (Desenvolvimento Tecnológico Incremental do Agronegócio) por serem os componentes típicos de P,D&I do Sistema Embrapa de Gestão (SEG). Esses programas incorporam em suas carteiras pesquisas de natureza básica, estratégica, aplicada ou temática e, para tal, demandam arranjos institucionais complexos, grandes redes ou arranjos simples, em função da complexidade do problema abordado.

A alocação dos macroprogramas MP1, MP2 e MP3 à Matriz de Stacey, em função das características de cada um, possibilitou uma maior compreensão das variáveis envolvidas no processo decisório, quais sejam, o nível de acordo entre os atores da tomada de decisão e o grau de incerteza da situação problema. Dessa forma, observou-se que os projetos do Macroprograma 1 são projetos nos quais a intuição, a busca e o desenvolvimento de soluções inovadoras e criativas são predominantes, dado que têm como objetivo a obtenção de avanços significativos e inovadores para responder aos grandes desafios nacionais nos quais a complexidade está presente. A carteira de projetos do Macroprograma 2 aborda, predominantemente, pesquisas de caráter aplicado e estratégico que demandam para execução equipes interativas e redes. Seus projetos buscam obter avanços no conhecimento e no padrão tecnológico do agronegócio brasileiro, bem como subsidiar políticas públicas.

A utilização da Matriz de Stacey permitiu identificar situações nas quais a decisão em priorização e seleção de projetos para a carteira do MP2 ora demanda negociação, subjetividade e decisão política ora necessita de compartilhamento e visão da missão organizacional. Assim, o processo decisório para a carteira de projetos voltados à competitividade e sustentabilidade se dá em ambientes “Complicados”, como definido na Matriz de Stacey. Para projetos finalísticos, de inovação incremental, como é o caso da carteira de projetos do Macroprograma 3, a definição de prioridades e seleção de projetos ocorre em um contexto de decisão racional, um cenário “Simples”, como indicado pela Matriz de Stacey. Para decisões envolvendo essa tipologia de projetos, o grau de incerteza é baixo, porém sempre presente e o nível de acordo entre as partes interessadas tende ao estabelecimento de consenso.

O posicionamento dos métodos e técnicas para priorização e seleção de projetos na Matriz de Stacey possibilitou a identificação de abordagens gerenciais para lidar com as especificidades desse processo decisório. Considerando a participação de múltiplos atores na tomada de decisão e, no caso da Embrapa, isso inclui os comitês técnicos das unidades de pesquisa, as comissões técnicas dos macroprogramas e o Comitê Gestor da Programação,

instância final de avaliação, o modelo proposto por Ralph Stacey proporciona sentido ao conjunto de decisões e é capaz de justificar a adoção de uma abordagem específica. Mais relevante, é a capacidade do modelo de lidar com a incerteza ambiental que permeia uma decisão específica e o desacordo quando a criatividade e a inovação são necessárias.

Nesse sentido, o desafio do processo decisório, como um processo estratégico de estabelecimento de prioridades e seleção de projetos de P,D&I pode ser considerado como uma adaptação ao ambiente de atuação da organização, bem como uma ação de transformação desse mesmo ambiente, por meio de reestruturação organizacional intencional e racional. A complexidade do processo de inovação e a busca de sustentabilidade e competitividade organizacional demandam a constante incorporação e sofisticação de rotinas e práticas gerenciais. E a abordagem de posicionamento dos métodos de priorização e seleção de projetos de P,D&I na Matriz de Stacey constituem um auxílio a um processo decisório no qual é imperativo considerar a incerteza e a construção de acordo entre as partes interessadas.

Os métodos de seleção de projetos podem auxiliar as organizações públicas de pesquisa, seja para enfrentar ambientes complexos, complicados ou simples e não há razão aparente para não se fazer uso desse arsenal. Mais do que auxílio ao processo decisório, esses métodos contribuem para o aprendizado organizacional ao destacarem a complexidade ambiental, o nível de conhecimento disponível para a decisão, a relevância de cada critério e as distintas posições e interesses dos atores do processo.

A combinação de métodos de priorização e seleção proporciona a ampliação de horizontes e alternativas, oferecendo caminhos mais concretos para a tomada de decisão, do que, simplesmente, articular o estratégico ao tático e ao operacional. Nesse sentido, a utilização de métodos híbridos é uma tendência e é sempre desejável.

A contribuição deste trabalho para o tema de definição de prioridades e seleção de projetos de inovação em uma organização pública de pesquisa é a proposição e discussão de uma abordagem metodológica capaz de considerar no processo decisório, elementos como; a participação e construção de acordo entre os atores envolvidos, a incerteza inerente à pesquisa, desenvolvimento e inovação e, finalmente, as técnicas, ferramentas e métodos disponíveis para auxílio à tomada de decisão. Como foi dito anteriormente, esta tese não teve como objetivo uma proposição normativa ao processo de decisão, mas, a apresentação de um modelo que subsidie as ações gerenciais necessárias à uma organização pública de pesquisa.

Uma agenda de pesquisa futura deve considerar a aplicação da abordagem metodológica desenvolvida nesta tese, por meio da utilização das técnicas e métodos de

seleção de projetos de inovação posicionados na Matriz de Stacey em função das especificidades do problema decisório colocado à organização.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADNER, R.; LEVINTHAL, D. A. What is not a Real Option: Considering Boundaries for the Application of Real Options to Business Strategy. **The Academy of Management Review**. January, 2004.

ALIDI, A. S.. Use of the analytic hierarchy process to measure the initial viability of industrial projects. **International Journal of Project Management**, v. 14, n. 4, p. 205–208, 1996.

ALSTON, J. M.; NORTON, G. W.; PARDEY, P. G. **Science under scarcity**: principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting. Cornell University Press, 1995.

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

ARROW, K. J.. The economic implications of learning by doing. **The Review of Economic Studies**. v. 29, n. 3, p. 156-173, jun. 1962.

ASSAF NETO, A. A dinâmica das decisões financeiras. **Caderno de Estudos**, São Paulo, v. 9, n. 16, p. 9-25. jul./dez. 1997.

BAKER, N. R.. R&D Project Selection Models: An Assessment. **R&D Management**, v. 5, n. S1, p. 105–111, 1975.

BEAUJON, G.; MARIN, S.; MCDONALD, G. Balancing and Optimizing a Portfolio of R & D Projects. **Naval Research Logistics**, v. 48, n. 1, p. 18–40, 2001.

BEISE, M.; STAHL, H. Public research and industrial innovations in Germany. **Research Policy**, v. 28, n. 4, p. 397–422, 1999.

BENNER, M.; LIU, L.; SERGER, S. S. Head in the clouds and feet on the ground: Research priority setting in China. **Science and Public Policy**, v. 39, n. 2, p. 258–270, 2012.

BERNSTEIN, P. L. **Desafio aos deuses**: a fascinante história do risco. Tradução de: Against the gods. Traduzido por: Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997.

BEHZADIAN, M.; KAZEMZADEH, R. B.; ALBADVI, A.; AGHDASI, M. PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, v. 200, n. 1, p. 198–215, 2010.

BIGGIERO, L.; LAISE, D. Choosing and evaluating technology policy: a multicriteria approach. *Science and Public Policy*, v. 30, n. 1, p. 13–23, 2003.

BIN, A. **Planejamento e gestão da pesquisa e da inovação**: conceitos e instrumentos. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Departamento de Política Científica e Tecnológica, Unicamp, Campinas, 2008.

BIN, A.; AZEVEDO, A.; DUARTE, L.; SALLES-FILHO, S.; MASSAGUER, P. R&D and Innovation Project Selection: Can Optimization Methods be Adequate? *Procedia Computer Science*, v. 55, p. 613–621, 2015.

BIN, A.; GIANONI, C.; MENDES, P. J. V.; RIO, C.; SALLES-FILHO, S. L. M.; CAPANEMA, L. M. Organization of research and innovation: a comparative study of public agricultural research institutions. *Journal of Technology Management & Innovation*, v. 8, p. 209–218, 2013.

BIN, A.; SALLES-FILHO, S. Contributions to a conceptual framework of technology and innovation planning at the micro level. In: **19th Annual Meeting on Socio-Economics - SASE**, 2007, Copenhagen, Denmark.

BITMAN, W. R.; SHARIF, N. A Conceptual Framework for Ranking R&D Projects. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 55, n. 2, p. 267–278, 2008.

BOEIRA, S. L.; STÜMER, J. A. P.; INÁCIO, A. E. C. Estudos organizacionais e complexidade: Prigogine, Stacey e Morin. **III Colóquio Internacional de Epistemologia e Sociologia da Ciência da Administração**, 2013.

BORDLEY, R. F. R & D Project Selection Versus R & D Project Generation. *IEEE Transactions on engineering management*. v. 45, n. 4, p. 407–413, 1998.

BRAUNSCHWEIG, T.; JANSSEN, W.; RIEDER, P. Identifying criteria for public agricultural research decisions. *Research Policy*, v. 30, n. 5, p. 725, 2001.

BREALEY, R. A. ; MYERS, S. C. **Princípios de finanças empresariais**. Tradução de Maria do Carmo Figueira. Lisboa: McGraw-Hill de Portugal, 1999. 998p. Tradução de: Principles of Corporate Finance.

BRENNER, M. S. Practical R&D project prioritization. **Research Technology Management**, vol. 27, no. 5, pp. 38–42, 1994.

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

CARAZO, A. F.; GÓMEZ, T.; MOLINA, J., HERNÁNDEZ-DÍAZ, A. G.; GUERRERO, F. M.; CABALLERO, R. Solving a comprehensive model for multiobjective project portfolio selection. **Computers & Operations Research**. v. 37, p. 630–639, 2010.

CARLSSON, C.; FULLE, R.; HEIKKILA, M. A fuzzy approach to R & D project. **International Journal of Approximate Reasoning**. v. 44, p. 93–105, 2007.

CASTRO, A. M. G.; LIMA, S. M. V.; LOPES. M. A.; MACHADO, M. S.; MARTINS, M. A. G. **O futuro do melhoramento genético vegetal no Brasil: impactos da biotecnologia e das leis de proteção de conhecimento**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

CHANG, P. T.; LEE, J. H. A fuzzy DEA and knapsack formulation integrated model for project selection. **Computers and Operations Research**, v. 39, n. 1, p. 112–125, 2012.

CHIEN, C.-F. A portfolio-evaluation framework for selecting R&D projects. **R and D Management**, v. 32, n. 4, p. 359–368, set. 2002.

CHRISTENSEN, C. M. **O dilema da inovação: quando as novas tecnologias levam empresas ao fracasso**. São Paulo: M. Books do Brasil Editora, 2012.

COFFIN, M. A.; TAYLOR, B. W. R&D project selection and scheduling with a filtered beam search approach. **IIE Transactions**, v. 28, n. 2, p. 167–176, 1996a.

COFFIN, M. A.; TAYLOR, B. W. Multiple criteria R&D project selection and scheduling using fuzzy logic. **Computers & Operations Research**, v. 23, n. 3, p. 207–220, 1996.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. **Portfolio management for new products**. 2nd. Edition. Basic Books, New York, 2001.

COOPER, R.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. Best practices for managing R&D portfolios. **Research Technology Management**, 41, 4; p. 20-33, 1998.

COOPER, R.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. New product portfolio management: practices and performance. **Journal of Product Innovation Management** 1999, 16: 333-351  
New York

COOPER, R.; EDGETT, S.; KLEINSCHMIDT, E. Portfolio management for new product development: results of an industry practices study. **R and D Management**, v. 31, n. 4, p. 361–380, out. 2001.

COPELAND, T.E.; WESTON, F.J. **Financial theory and corporate policy**. Massachusetts: Addison-Wesley, 1980.

DALRYMPLE, D. G. Setting the agenda for science and technology in the public sector: the case of international agricultural research. **Science and Public Policy**, v. 33, n. 4, p. 277–290, 2006.

DAVIDSON, P. Rational Expectations: A Fallacious Foundation for Studying Crucial Decision-Making Processes. **Journal of Post Keynesian Economics**, 5(2). p. 182-198, 1982/1983..

DAVIDSON, P. Is Probability Theory Relevant for Uncertainty? A Post Keynesian Perspective. **Journal of Economic Perspectives**, 5(1). p. 129-143

DEQUECH, D. Uncertainty in a Strong Sense: Meaning and Sources. **Journal of Economic Issues**, 2. p. 21-43, 1997

DEQUECH, D. Fundamental Uncertainty and Ambiguity. **Eastern Economic Journal**, v. 26, n. 1, p. 41-60, Winter 2000..

DINAR, A. Resource allocation for agricultural research. **Research Policy**, v. 20, n. 2, p. 145–152, 1991.

DOCTOR, R. N.; NEWTON, D. P.; PEARSON, A. Managing uncertainty in research and development. **Technovation**, 21. P. 79-90, 2001.

DOERNER, K.; GUTJAHR, W. J.; HARTL, R. F.; STRAUSS, C.; STUMMER, C. Pareto ant colony optimization: A metaheuristic approach to multiobjective portfolio selection. **Annals of Operations Research**, v. 131, n. 1-4, p. 79–99, 2004.

DOERNER, K.; GUTJAHR, W. J.; HARTL, R. F.; STRAUSS, C.; STUMMER, C. Pareto ant colony optimization with ILP preprocessing in multiobjective project portfolio selection. **European Journal of Operational Research**, v. 171, n. 3, p. 830–841, jun. 2006.

DOSI, G. **Technical change and industrial transformation**: the theory and an application to the semiconductor industry. MacMillan: Londres, 1984.

EILAT, H.; GOLANY, B.; SHTUB, A. Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interactions: A DEA based methodology. **European Journal of Operational Research**, v. 172, n. 3, p. 1018–1039, ago. 2006.

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento. SEG – Sistema Embrapa de Gestão. **Manual orientador sobre o SEG**. 2015. 25p.

EMBRAPA. **Visão 2014-2034**: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

EMBRAPA. Secretaria de Gestão e Desenvolvimento Institucional. **Relatório de Gestão 2014/2015**. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

EMBRAPA. Secretaria de Comunicação. **Embrapa em números**. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

EMBRAPA. **Normas do SEG**. Brasília, DF: Embrapa, 2002.

EMBRAPA. Secretaria de Gestão e Desenvolvimento Institucional. **VI Plano Diretor da Embrapa 2014 – 2034**. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

EMBRAPA. **Plano Gerencial da Embrapa 2016-2018**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

FANG, Y.; CHEN, L.; FUKUSHIMA, M. A mixed R&D projects and securities portfolio selection model. **European Journal of Operational Research**, v. 185, n. 2, p. 700–715, mar. 2008.

FERRO, A.F.P. **Gestão da inovação aberta**: práticas e competências em P&D colaborativa. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Departamento de Política Científica e Tecnológica, Unicamp, Campinas, 2010.

FORAY, D.; MOWERY, D. C.; NELSON, R. R. Public R&D and social challenges: What lessons from mission R&D programs? **Research Policy**, v. 41, n. 10, p. 1697–1702, 2012.

FREEMAN, C. **A economia da inovação industrial**. Tradução: André Luiz Sica de Campos e Janaína Oliveira Pamplona da Costa. Campinas: Editora da Unicamp, 2008. Título Original: The economics of industrial innovation. 1974.

GEOPI. **Avaliação do Sistema Embrapa de Gestão (SEG)**. Relatório final. Grupo de Estudos sobre Organização da Pesquisa e Inovação. Departamento de Política Científica e Tecnológica – DPCT. Instituto de Geociências – IG. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, 2011.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D.T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GHORBANI, S.; RABBANI, M. A new multi-objective algorithm for a project selection problem. **Advances in Engineering Software**, v. 40, n. 1, p. 9–14, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5<sup>a</sup>.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos**: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

HALOUANI, N.; CHABCHOUB, H.; MARTEL, J. PROMETHEE-MD-2T method for project selection. **European Journal of Operational Research**, v. 195, n. 3, p. 841–849, 2009.

HANAFI, S.; FREVILLE, A. An efficient tabu search approach for the 0–1 multidimensional knapsack problem. **European Journal of Operational Research**, v. 106, n. 2-3, p. 659–675, 1998.

HASSANZADEH, F.; NEMATI, H.; SUN, M. Robust optimization for interactive multiobjective programming with imprecise information applied to R & D project portfolio selection. **EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH**, 2014.

HEIDENBERGER, K.; STUMMER, C. Research and development project selection and resource allocation: A review of quantitative modelling approaches. **International Journal of Management Reviews**, v. 1, n. 2, p. 197–224, 1999.

HOUCHIN, K.; MACLEAN, D. Complexity theory and strategic change: An empirically informed critique. **British Journal of Management**, v. 16, n. 2, p. 149–166, 2005.

HSU, Y.-G.; TZENG, G.-H.; SHYU, J. Fuzzy multiple criteria selection of government-sponsored frontier technology R&D projects. **R&D Management**, v. 33, n. 5, p. 539–551, 2003.

HUANG, C. C.; CHU, P. Y.; CHIANG, Y. H. A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection. **Omega**, v. 36, n. 6, p. 1038–1052, dez. 2008.

IAMRATANAKUL, S.; PATANAKUL, P.; MILOSEVIC, D. Project portfolio selection: From past to present. **2008 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology**, p. 287–292, 2008.

KESTER, L.; GRIFFIN, A.; HULTINK, E. J.; LAUCHE, K. Exploring portfolio Decision-Making Processes. **Journal of Product Innovation Management**, p. no–no, 21 abr. 2011.

KEYNES, J.M. The General Theory of Employment. **Quarterly Journal of Economics**, 51. p. 209-223.

KNIGHT, F. (1921) **Risk, Uncertainty and Profit**. Boston: Houghton-Mifflin.

KWAK, Y. H.; ANBARI, F. T. Analyzing project management research: Perspectives from top management journals. **International Journal of Project Management**, v. 27, n. 5, p. 435–446, 2009.

LANDMANN, R.; ERDMANN, R. H. Uma abordagem heurística para a programação da produção na indústria de fundição com utilização da lógica fuzzy. **Gestão & Produção**, v. 18, n. 1, p. 119–130, 2011.

LARÉDO, P.; MUSTAR, P. Public sector research: A growing role in innovation systems. **Minerva**, v. 42, n. 1, p. 11–27, 2004.

LEE, Y.-G.; SONG, Y.-I. Selecting the key research areas in nano-technology field using technology *cluster* analysis: A case study based on National R&D Programs in South Korea. **Technovation**, v. 27, n. 1-2, p. 57–64, 2007.

LEMES, M. J. R. **Complexidade, acoplamento e criticalidade (C2A) como indicadores de risco em projetos de sistemas**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

LIBERATORE, M. J. An extension of the analytic hierarchy process for industrial R&D project selection and resource allocation. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 34, pp. 12–18, 1987.

LIMA, S. M. V. (Org.) **Projeto QUO VADIS: o futuro da pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 451 p.: il.

LINK, A. N.; VONORTAS, N. S. Introduction to the handbook. In: LINK, A. N.; VONORTAS, N. S. (eds). **Handbook on the theory and practice of program evaluation**. Edward Elgar, 2013.

LINTON, J. D.; WALSH, S. T.; MORABITO, J. Analysis, ranking and selection of R&D projects in a portfolio. **R&D Management**, v. 32, n. 2, p. 139–148, 2002.

LIU, S. S.; WANG, C. J. Optimizing project selection and scheduling problems with time-dependent resource constraints. **Automation in Construction**, v. 20, n. 8, p. 1110–1119, 2011.

LOASBY, B. J. Time, Knowledge and Evolutionary Dynamics: Why Connections Matter. **Journal of Evolutionary Economics**, 11. p. 393–412, 2001.

LOASBY, B. J. Uncertainty and Imagination, Illusion and Order: Shackleian Connections. **Cambridge Journal of Economics**, 35(4). p. 771-783, 2011.

LOCH, C. H.; PICH, M. T.; TERWIESCH, C.; URBSCHAT, M. Selecting R&D projects at BMW: A case study of adopting mathematical programming models. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 48, n. 1, p. 70–80, 2001.

LOCKETT, G.; HETHERINGTON, B.; YALLUP, P. Modeling a research portfolio using AHP: A group decision process. **R&D Management**, vol. 16, no. 2, pp. 151–160, 1986

LUNDEVALL, B. A. **National Systems of Innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. Pinter Publishers: London, 1992.

MALERBA, F.; ORSENIGO L. Technological regimes and firm behavior. In: DOSI, G.; MALERBA F. (eds.). **Organization and strategy in the evolution of the enterprise**. MacMillan: Londres, 1996.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Portaria Nº 193, de 07.08.1992

MARTINSUO, M. Project portfolio management in practice and in context. **International Journal of Project Management**, v. 31, n. 6, p. 794–803, ago. 2013.

MAVROTAS, G.; DIAKOULAKI, D.; CALOGHIROU, Y. Project prioritization under policy restrictions. A combination of MCDA with 0-1 programming. **European Journal of Operational Research**, v. 171, n. 1, p. 296–308, 2006.

MAVROTAS, G.; DIAKOULAKI, D.; KOURENTZIS, A. Selection among ranked projects under segmentation, policy and logical constraints. **European Journal of Operational Research**, v. 187, n. 1, p. 177–192, 2008.

MAZZUCATO, M. **O estado empreendedor**: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado. Título original: The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths. Tradução de: Elvira Serapicos. 1a. edição. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014.

MEADE, L. M.; PRESLEY, A. R & D. Project Selection Using the Analytic Network Process. **IEEE Transactions on engineering management**. v. 49, n. 1, p. 59–66, 2002.

MEDAGLIA, A. L.; GRAVES, S. B.; RINGUEST, J. L. A multiobjective evolutionary approach for linearly constrained project selection under uncertainty. **European Journal of Operational Research**, v. 179, n. 3, p. 869–894, 2007.

MENDES. P. J. V. **Organização da P&D agrícola no Brasil**: evolução, experiências e perspectivas de um sistema de inovação para a agricultura. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Departamento de Política Científica e Tecnológica, Unicamp, Campinas, 2009.

MESKENDAHL, S. The influence of business strategy on project portfolio management and its success — A conceptual framework. **International Journal of Project Management**, v. 28, n. 8, p. 807–817, dez. 2010.

MIGUEL, P.A.C. Implementação da gestão de portfólio de novos produtos: um estudo de caso. **Produção**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 388-404, 2008.

- MIKKOLA, J. H. Portfolio management of R&D projects: implications for innovation management. **Technovation**, v. 21, n. 7, p. 423–435, jul. 2001.
- NELSON, R. R. Why Do Firms Differ, and How Does it Matter? **Strategic Management Journal**, v.12, n. 1 1991, p. 61–74, 1991.
- NELSON, R. (ed.) A retrospective. In: Nelson, R. **National Innovation Systems: a comparative analysis**. Oxford University Press. Nova York, 1993.
- NELSON, R.; ROSENBERG, N. Technical innovation and national systems. In: Nelson, R. **National Innovation Systems: a comparative analysis**. Oxford University Press. Nova York, 1993.
- NELSON, R.; WINTER, S. **Uma teoria evolucionária da mudança econômica**. Tradução: Cláudia Heller. Campinas: Editora da Unicamp, 2005. Título Original: An evolutionary theory of economic change. 1982.
- NEWTON, D.P.; PEARSON, A.W. Application of option pricing theory to R&D. **R&D Management**, v. 24, I, 1994. Blackwell Publishers, Cambridge.
- OECD. **Frascati Manual 2002: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development**, 6th ed., 2002.
- OECD. **Oslo Manual: guidelines for collecting and interpreting innovation data**, 3rd ed., 2005.
- O'CONNOR, G. C. Major Innovation as a Dynamic Capability: A Systems Approach. **Journal of product innovation management**, v. 25, n. 4, p. 313–330, 2008.
- O'CONNOR, G. C. Innovation: From process to function. **Journal of Product Innovation Management**, v. 29, n. 3, p. 361–363, 2012.
- O'REILLY, C. A.; TUSHMAN, M. L. Ambidexterity as a dynamic capability: Resolving the innovator's dilemma. **Research in Organizational Behavior**, v. 28, p. 185–206, 2008.
- PADHY, R. K.; SAHU, S. A Real Option based Six Sigma project evaluation and selection model. **International Journal of Project Management**, v. 29, n. 8, p. 1091–1102, 2011.

PANAYI, S.; TRIGEORGIS, L. Multi-stage real options: the cases of information technology infrastructure and international bank expansion. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, Vol. 38, Special Issue, 1998, pages 675-692

PARK, H.; LEE, J. (JAY); KIM, B.-C. Project selection in NIH: A natural experiment from ARRA. **Research Policy**, v. 44, n. 6, p. 1145–1159, 2015.

PAVITT, K. Sectoral patterns of innovation; Towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, v. 13, n. 1984, p. 343–374, 1984.

PEREIRA, L. C. N. **Metodologias de gestão de projetos complexos**: estudo sobre sua aplicabilidade na Petrobras. Dissertação de Mestrado. Departamento de Administração, PUC-Rio. Rio de Janeiro, 2013.

PEREIRA, P. A. A.; MARTHA JUNIOR, G. B.; SANTANA, C. A. M.; ALVES, E. The development of Brazilian agriculture: future technological challenges and opportunities. **Agriculture & Food Security**, London, v.1, n. 4, 2012.

PÉREZ, C. D.; ARECHAVALA-VARGAS, R. Organizational learning in research and development centers in developing economies: the influence of institutional contexts. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 2, n. 4, p. 98–108, 2007.

PERLITZ, M.; PESKE, T.; SCHRANK, R. Real options valuation: the new frontier in R&D project evaluation? **R&D Management**, 29, 3, 1999. Blackwell Publishers Ltd.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **The standard for portfolio management**. 3<sup>rd</sup> ed. Pennsylvania: Project Management Institute, 2013.

QUEIROZ, A.U.B. **Contribuições para os estudos prospectivos em ambientes complexos**: o caso dos bioplásticos. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Departamento de Política Científica e Tecnológica, Unicamp, Campinas, 2015.

RENGARAJAN, S.; JAGANNATHAN, P. Project selection by scoring for a large R&D organisation in a developing country. **R and D Management**, v. 27, n. 2, p. 155–164, abr. 1997.

ROMANO, B. P. **Aplicação do método PROMETHEE I, II e V para priorização de ativos financeiros**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação). Faculdade de Ciências Aplicadas, Unicamp, Campinas, 2015

ROSS, S.A.; WESTERFIELD, R.W.; JAFFE, J.F. **Administração financeira**. Tradução de Antônio Zoratto Sanvicente. São Paulo: Atlas, 1995. 698p. Tradução de: Corporate Finance.

SAATY, T.L. **Decision making for leaders**: the Analytic Hierarchy Process for decisions in a complex world. RWS Publications, 2012.

SALLES-FILHO, S. (org.). **Ciência, tecnologia e inovação**: a reorganização da pesquisa pública no Brasil. Campinas: Editora Komedi, 2000. 416p.

SALLES-FILHO, S.; BIN, A. Reflexões sobre os rumos da pesquisa agrícola. In: **O mundo rural no Brasil do século 21**: a formação de um novo padrão agrário e agrícola./ Antônio Márcio Buainain, Eliseu Alves, José Maria da Silveira, Zander Navarro, editores técnicos. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

SALLES-FILHO, S.; BONACELLI, M. B. M. Trends in the organization of public research organizations: lessons from the Brazilian case. **Science & Public Policy (SPP)**, v. 37, n. April, p. 193–204, 2010.

SAMPAT, B. N. Mission-oriented biomedical research at the NIH. **Research Policy**, v. 41, n. 10, p. 1729–1741, 2012.

SANTAMARÍA, L.; BARGE-GIL, A.; MODREGO, A. Public selection and financing of R&D cooperative projects: Credit versus subsidy funding. **Research Policy**, v. 39, n. 4, p. 549–563, 2010.

SANTOS, E M.; PAMPLONA, E. O. Teoria das Opções Reais: Aplicação em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). **2º Encontro Brasileiro de Finanças**. Ibmec, Rio de Janeiro, RJ, julho de 2002

SANTOS, E. M.; PAMPLONA, E. O. Teoria das Opções Reais : uma atraente opção no processo de análise de investimentos. **Revista de Administração**, v. 40, p. 235–252, 2005.

SCHMIDT, R. L.; FREELAND, J. R. Recent Progress in Modeling R & D Project-Selection Processes. **IEEE Transactions on engineering management**. v. 39, n. 2, 1992.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico**: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. Col. Os Economistas. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SELLTIZ, C. *et al.* **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: E.P.U.; EDUSP, 1975.

SHACKLE, G. L. S. (1969). **Decision Order and Time in Human Affairs**, 2<sup>nd</sup> Edition. Cambridge: Cambridge University Press.

SHAKHSI-NIAEI, M.; TORABI, S. A.; IRANMANESH, S. H. A comprehensive framework for project selection problem under uncertainty and real-world constraints. **Computers and Industrial Engineering**, v. 61, n. 1, p. 226–237, 2011.

SHIN, C.-O.; YOO, S.-H.; KWAK, S.-J. Applying the analytic hierarchy process to evaluation of the national nuclear R&D projects: The case of Korea. **Progress in Nuclear Energy**, v. 49, n. 5, p. 375–384, 2007.

SILVA, C. L. da; BASSI, N. S. S.. Planejamento estratégico e priorização de projetos em uma instituição pública de saúde: o caso da Fiocruz-PR. **Textos & Contextos** (Porto Alegre) p. 85–99, 2013.

SILVA, V. B. D. S.; SCHRAMM, F.; CARVALHO, H. R. C. DE. O uso do método PROMETHEE para seleção de candidatos à bolsa-formação do Pronatec. **Produção**, v. 24, p. 548–558, 2013.

SIMON, H. (1997). **Administrative behavior.**, 4th Edition. New York: The Free Press.

SMITH-PERERA, A.; GARCIA-MELON, M.; POVEDA-BAUTISTA, R.; PASTOR-FERRANDO, J. P. A Project Strategic Index proposal for portfolio selection in electrical company based on the Analytic Network Process. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 6, p. 1569–1579, 2010.

SOLAK, S.; CLARKE, J.-P. B.; JOHNSON, E. L.; BARNES, E. R. Optimization of R&D project portfolios under endogenous uncertainty. **European Journal of Operational Research**, v. 207, n. 1, p. 420–433, nov. 2010.

STACEY, R. An alternative perspective for strategic change processes. **Strategic Management Journal**, v. 16, n. 6, p. 477–495, 1995.

STACEY, R. **Strategic Management and Organisational Dynamics**: the challenge of complexity to ways of thinking about organisations. Routledge.

STACEY, R. D.; GRIFFIN, D.; SHAW, P. **Complexity and management: fad or radical challenge to systems thinking?** Routledge: London, 2000.

STEWART, J. Models of priority-setting for public sector research. **Research Policy**, v. 24, n. 1, p. 115–126, 1995.

TEECE, D.J. Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. **Research Policy**, v. 15, n. February, p. 285–305, 1986.

TEECE, D.J. Explicating Dynamic Capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. **Strategic Management Journal**, 28: 1319-1350, 2007.

TEECE, D.; PISANO, G. The dynamic capabilities of firms: An introduction. **Industrial and Corporate Change**, v. 3, n. 3, p. 537–556, 1994.

TEECE, D. J.; PISANO, G.; SHUEN, A. Dynamic Capabilities and Strategic Management. **Strategic Management Journal**, v. 18, n. March, p. 509–533, 1997.

TETLOCK, P. E. **Superprevisões: a arte e a ciência de antecipar o futuro**. Título original: Superforecasting: the art and science of prediction. Tradução: Cássio de Arantes Leite. 1a ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2016.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da inovação**. 3ª. Edição. Porto Alegre: Bookman, 2008.

TUSHMAN, M. L.; O'REILLY, C. A. Ambidextrous organizations: Managing evolutionary and revolutionary change. **California Management Review**, v. 38, n. 4, p. 8–30, 1996.

VELHO, L. S&T institutions in Latin America and the Caribbean: An overview. **Science and Public Policy**, v. 32, n. 2, p. 95–108, 2005.

VERMA, D.; MISHRA, A.; SINHA, K. K. The development and application of a process model for R&D project management in a high tech firm: A field study. **Journal of Operations Management**, v. 29, n. 5, p. 462–476, 2011.

VONORTAS, N. S.; DESAI, C. A. “Real options” framework to assess public research investments. **Science and Public Policy**, v. 34, n. 10, p. 699–708, 2007.

VONORTAS, N. S.; HERTZFELD, H. R. Research and Development Project Selection in the Public Sector. **Journal of Policy Analysis and Management**, v. 17, n. 4, p. 621–638, 1998.

WRIGHT, B. D. Grand missions of agricultural innovation. **Research Policy**, v. 41, n. 10, p. 1716–1728, 2012.

YOUNG, R. A. **Uncertainty and the environment**: implications for decision making and environmental policy. Edward Elgar, 2001

ZACKIEWICZ, M. **Trajatórias e desafios da avaliação em ciência, tecnologia e inovação**. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Departamento de Política Científica e Tecnológica, Unicamp, Campinas, 2005

ZIKMUND, W. G. **Business research methods**. 5.ed. Fort Worth, TX: Dryden, 2000.

ZIMMERMAN, B. **Ralph Stacey's Agreement and Certainly Methods**, 2001. Toronto: Schulich School of Business. York University. Disponível em: <[http://nickherft.com/RWD/complexity\\_workshop/content/resources/Zimmerman2001RalphStaceyCOMPLEXITY.doc](http://nickherft.com/RWD/complexity_workshop/content/resources/Zimmerman2001RalphStaceyCOMPLEXITY.doc)>. Acesso em: fev. 2015