MARCEL NISHIMURA TANISAKI

MODELO DE CONTINGÊNCIA PARA ESCOLHA DE MÉTODOS DE VALORAÇÃO DE PROJETOS DE P&D

Trabalho de Formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do diploma de Engenheiro de Produção.

São Paulo

2013

MARCEL NISHIMURA TANISAKI

MODELO DE CONTINGÊNCIA PARA ESCOLHA DE MÉTODOS DE VALORAÇÃO DE PROJETOS DE P&D

Trabalho de Formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do diploma de Engenheiro de Produção.

Orientador:

Prof. Dr. Mario Sergio Salerno

São Paulo

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Tanisaki, Marcel Nishimura
Modelo de contingência para escolha de métodos de valoração de projetos de P&D / M.N. Tanisaki. -- São Paulo, 2013.
103 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Inovações tecnológicas 2.Administração de projetos 3.Portfólios (Administração) I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

AGRADECIMENTOS

À minha família, que sempre foi minha fonte de inspiração e força, com quem aprendi muito ao longo de minha vida e sou grato a todo suporte, tanto nos momentos mais difíceis como nas conquistas. À minha namorada Lúcia, pelo amor e felicidade que me fornece, ao longo de todos estes anos.

Ao professor orientador Mário Sergio Salerno, pelo suporte, disposição e incentivo ao longo deste trabalho, com quem tive grande aprendizado, tanto durante as aulas do curso quanto neste ano do trabalho de formatura.

À consultoria de gestão colaboradora e empresas participantes dos testes do modelo de contingência do trabalho, pela boa vontade e disposição em ajudar, contribuindo com informações e *insights* valiosos, para a geração de novo conhecimento.

À Escola Politécnica e ao Departamento de Engenharia de Produção, por ter sido componentes chave na minha formação pessoal e profissional, com aprendizados que levarei para minha vida inteira.

Aos meus colegas de curso, pelo apoio e esforço na execução de inúmeros trabalhos, e diversas horas de estudo árduo.

Aos meus amigos, pelos momentos de felicidade e dificuldade que compartilhamos ao longo de todos estes anos, e por ajudarem a construir quem sou hoje.

A Deus, por toda a benção ao longo de minha vida.

“Failure is success if we learn from it”

Malcolm Forbes

RESUMO

O problema de valoração e avaliação de projetos de P&D é uma questão crucial às empresas da atualidade, dada a importância de alocação eficiente de recursos escassos nos projetos mais vantajosos e redução do risco atrelado às incertezas e imprecisões inerentes aos investimentos em P&D (HASSANZADEH et al, 2012). De acordo com Tolga e Kahraman (2008), a seleção de projetos de P&D tem importância estratégica, dado o grande volume do orçamento de P&D em empresas e a natureza multidimensional e arriscada dos retornos organizacionais destes projetos. Para a seleção dos mesmos, a perspectiva financeira é largamente utilizada; entretanto, diversos outros critérios de avaliação são importantes aos tomadores de decisão. Alinhamento estratégico e Equilíbrio dentro do portfólio de projetos também são apontados como importantes critérios por Cooper et al. (1997). Existe uma vasta gama de ferramentas e materiais diversos sobre o problema de valoração de projetos de P&D disponível na literatura. Este trabalho se inicia com uma revisão bibliográfica sobre os principais métodos e ferramentas desenvolvidos, organizando-os pelo principal tipo de conceito utilizado (Valor Presente Líquido; Opções Reais; Programação Linear *Fuzzy*). São destacadas as principais funções, características e limitações destes métodos. Em contrapartida, verifica-se na literatura a carência de um método que auxilie empresas a selecionar o método ou ferramenta de valoração e avaliação de projetos de P&D mais adequado à sua situação. Este trabalho busca então desenvolver um modelo de contingência para escolha de métodos de valoração de projetos de P&D, baseado em questões com respostas em frases-âncora que auxiliam a empresa usuária a escolher o método mais adequado, dadas circunstâncias específicas. O trabalho então estuda respostas obtidas por meio de empresas que testaram o modelo, para a verificação de sua utilidade e benefícios às empresas, tal como dificuldades e limitações encontradas, e uma discussão dos resultados também é feita. Finalmente, se destaca a necessidade de contínua pesquisa neste tema e trabalho conjunto com empresas para mapeamento dos problemas enfrentados, para o desenvolvimento de métodos e ferramentas cada vez mais abrangentes e realistas, de modo a contribuir para a solução do crucial problema de valoração de projetos de P&D.

Palavras-Chave: Valoração de P&D. Gestão de Portfólio. Modelo de Contingência. Avaliação de Projetos. Priorização de Projetos.

ABSTRACT

The valuation and analysis of R&D projects is a crucial issue to companies nowadays, given the importance of efficient allocation of scarce resources in more beneficial projects and reduction of the risk connected to the inherent uncertainties and imprecisions of R&D investments (HASSANZADEH et al, 2012). According to Tolga and Kahraman (2008), the selection of R&D projects has strategic importance, given the high volume of R&D budgets in companies and the multidimensional and risky nature of organizational returns in these projects. For the project selection, the financial perspective is largely used; however, several other evaluation criteria are important to decision makers. Cooper et al. (1997) also appoint Strategic alignment and Balance in the project portfolio as important criteria. A large array of methods and material about the R&D project valuation problem is available in the literature. This paper initiates with a literature review about the main methods and tools developed, organizing them by the main concept utilized (Net Present Value; Real Options; Fuzzy Linear Programming). Their main functions, characteristics and limitations are studied. Notwithstanding, it is verified in the literature a lack of a method to support companies to select the most appropriate method or tool of valuation and analysis of R&D projects to its situation. This paper seeks to develop a contingency model for selection of methods of R&D projects valuation, based in questions with answers shown as anchor phrases, which help the company to choose the most appropriate method, given specific circumstances. The paper studies answers obtained by companies that tested the model, in order to verify its usefulness and benefits to companies, along with difficulties and limitations encountered, and shows a discussion of the obtained results. Finally, the paper stresses the important need of continuous research in this theme, with cooperative work with companies for detection of the real problems faced, in order to develop gradually more comprehensive and realistic methods and tools, contributing for the solution of the crucial R&D projects valuation problem.

Keywords: R&D Valuation. Project Portfolio Management. Contingency Model. Project Evaluation. Project Prioritization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Exemplo de Aplicação do Método do Valor Comercial Esperado 27
Figura 2 - Exemplo de Aplicação da Lista Ordenada Dinâmica 29
Figura 3 - Exemplo de Gráfico de Bolhas 33
Figura 4 - Exemplo de Mapa de Portfólio 35
Figura 5 - Gráfico de Timing 37
Figura 6 - Visão Geral do método AHP aplicado aos critérios de Liberatore (1987) 53
Figura 7 - Árvore Trinomial 54
Figura 8 - Visão Geral do Modelo de Huchzermeier e Loch (2001) 57
Figura 9 - Análise do número de competidores potenciais 61
Figura 10 - Saída do Modelo Integrado de Valoração de Projetos de P&D 64
Figura 11 - Exemplo de gráfico de um conjunto fuzzy 66
Figura 12 - Modelo geral de otimização do portfólio com programação mista inteira fuzzy 69
Figura 13 - Fluxo de caixa incerto do projeto como um número fuzzy 70
Figura 14 - Valor do Portfólio de acordo com diferentes tipos de medida 71
Figura 15 - Visão geral - exemplo de Árvore Binomial 75
Figura 16 - Matriz de Portfólio de Projetos de P&D 80
Figura 17 - Visão Geral do Modelo de Seleção Dinâmica de Portfólio 82
Figura 18 - Processo de Funcionamento do Modelo de Contingência 88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

VPL	Valor Presente Líquido
VCE	Valor Comercial Esperado
IP	Índice de Produtividade
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
TIR	Taxa Interna de Retorno

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14

1.1. Contexto geral 14

1.2. Escopo e objetivos do trabalho 18

1.3. Justificativa do trabalho 20

1.4. Metodologia 21

1.5. Estrutura do trabalho 22

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 24

2.1. Princípios da gestão de portfólio de projetos de P&D 24

2.1.1. Introdução 24

2.1.2. Métodos gerais para atingimento de objetivos em gestão de portfólio 26

2.1.2.1. Maximização do Valor do Portfólio 26

2.1.2.1.1. Valor Comercial Esperado 26

2.1.2.1.2. Índice de Produtividade 28

2.1.2.1.3. Lista Ordenada Dinâmica 28

2.1.2.2. Equilíbrio entre Projetos 31

2.1.2.2.1. Dimensões a serem consideradas 31

2.1.2.2.2. Diagramas de Bolha de Risco e Retorno 32

2.1.2.2.3. Lidar com incertezas 34

2.1.2.2.4. Mapas de Portfólio baseados nos Modelos de Pontuação 34

2.1.2.2.5. Dificuldades ao Equilíbrio entre Projetos 37

2.1.2.3. Ligação do Portfólio com a Estratégia da Empresa 38

2.1.2.3.1. Abordagens cima para baixo (top-down) de alinhamento estratégico 39

2.1.2.3.1.1. Modelo de “Baldes” Estratégicos (Strategic Buckets) 39

2.1.2.3.1.2. Plano Estratégico ou Checagem Estratégica (StratPlan ou Strategic Check) 40

2.1.3. Considerações finais sobre gestão de portfólio 41

2.2. Métodos de valoração e avaliação de projetos de P&D existentes 42

2.2.1. Introdução 42

2.2.2. Tipos de métodos e ferramentas de valoração e avaliação de projetos de P&D 43

2.2.3. Método do Valor Presente Líquido (VPL) 44

2.2.3.1. Modelo Financeiro de P&D na Indústria Farmacêutica, baseado no ciclo de vida dos produtos (MYERS, HOWE, 1997) 44

2.2.3.2. Modelo de Equilíbrio e Otimização de Projetos de P&D (BEAUJON et al, 2001) 46

2.2.4. Método de Opções Reais 49

2.2.4.1. Introdução às Opções Reais 49

2.2.4.2. Modelo de valoração de P&D com estudo de incentivos à pesquisa no desenvolvimento de vacinas (HSU, SCHWARTZ, 2008) 49

2.2.4.3. Modelo baseado em Critérios Múltiplos *Fuzzy* para Valoração de P&D e Abordagem *Fuzzy* da Árvore de Decisão Trinomial para Opções Reais (TOLGA, KAHRAMAN, 2008) 52

2.2.4.4. Modelo para Gestão de Projetos sob ação de riscos, com uso de Opções Reais para Avaliação da Flexibilidade em P&D (HUCHZERMEIER, LOCH, 2001) 55

2.2.4.5. Modelo de Opções Reais para Valoração de Investimentos de P&D de Novos Produtos com foco em Incertezas Chave (WOUTERS, ROORDA, GAL, 2009)..... 58

2.2.4.6. Modelo de Valoração de Oportunidades de Investimento em P&D com Ameaça de Entrada de Competidores na Análise de Opções Reais (VILLANI, 2013) ... 59

2.2.4.7. Valoração de Projetos de P&D Ajustada pelo Risco (BOER, 2003)..... 62

2.2.5. Método de Programação Linear *Fuzzy* 65

2.2.5.1. Introdução à Programação Linear *Fuzzy*..... 65

2.2.5.2. Abordagem *fuzzy* para seleção de projetos de P&D em um portfólio (CARLSSON et al., 2006) 67

2.2.5.3. Abordagem Prática para a Seleção de Projetos no Portfólio de P&D com uso do Método de Retorno *Fuzzy* (HASSANZADEH et al., 2012) 69

2.2.5.4. Modelo de seleção de portfólio de P&D entre projetos interdependentes (BHATTACHARYYA et al., 2011) 72

2.2.6. Métodos adicionais para valoração e avaliação de projetos de P&D 74

2.2.6.1. Valoração de projetos de P&D com comportamento de cobertura (*hedging behavior*) (LUO et al., 2008) 74

2.2.6.2. Análise do histórico da performance de empresas em P&D (COHEN et al., 2012) 76

2.2.6.3. Matriz de Portfólio de Projetos de P&D – aplicação à gestão de inovação (MIKKOLA, 2001) 79

2.2.6.4. Seleção dinâmica de portfólio de programas de desenvolvimento de novos produtos com uso de Retornos Marginais (LOCH, KAVADIAS, 2002) 82

3. MODELO DE CONTINGÊNCIA 84

3.1. Funcionamento do Modelo de Contingência 84

3.2. Variáveis de Contingência do Modelo 86

3.3. Tutorial do Modelo de Contingência 88

4. DISCUSSÃO SOBRE RESULTADOS DO MODELO 90

4.1. Considerações iniciais 90

4.2. Análise das respostas obtidas 91

4.2.1. Empresa A – ramo farmacêutico 91

4.2.2. Empresa B – empresa do setor automotivo 92

4.2.3. Empresa C – desenvolvedora de *softwares* 93

4.2.4. Empresa D – ramo de beleza e cuidados pessoais 94

4.3. Análise com base na teoria acadêmica 95

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 96

REFERÊNCIAS 98

APÊNDICES 104

APÊNDICE A – Visão Geral do Modelo de Contingência 104

APÊNDICE B – Árvore Lógica do Modelo de Contingência 105

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto geral

Um projeto que busque estender o conhecimento geral ou capacitações num campo da ciência ou tecnologia é considerado um projeto de P&D. A criação ou melhoria de processos, materiais, dispositivos, produtos ou serviços existentes também pode ser considerada P&D, ainda que algo novo tenha de ser criado, ou uma melhoria considerável tenha de ser feita por meio de mudanças científicas ou tecnológicas. A natureza destes projetos de P&D os torna altamente custosos e trabalhosos (TOLGA, KAHRAMAN, 2008).

Projetos de P&D são ferramentas da gestão de empresas, para superar seus concorrentes e obter novas informações sobre tecnologias e métodos promissores; com estas novas informações, empresas visam defender e construir vantagens competitivas sustentáveis (CARLSSON et al., 2006; PORTER, 1985).

Segundo Hassanzadeh et al. (2012), nas últimas duas décadas, o investimento em P&D aumentou de maneira dramática, com um investimento em P&D mundial estimado em U$$ 1,3 trilhões em 2011. Esta tendência tornou P&D uma função corporativa vital, para garantia de lucratividade e sobrevivência das empresas, além de crescimento sustentável.

Assim, falhas em projetos ou perda de capital devido à má gestão de investimentos em P&D podem ser altamente destrutivos; tal risco é agravado pela incerteza e imprecisão das informações disponíveis para a tomada de decisão, com um alto risco atrelado ao investimento em P&D (HASSANZADEH et al, 2012). Na literatura, o uso de modelos de valoração de P&D com uso de programação *fuzzy* com opções reais é indicado para lidar com informações incompletas e incertas (TOLGA, KAHRAMAN, 2008).

O principal desafio na gestão de P&D está ligado à sua complexidade intrínseca, com projetos longos e de resultados incertos, que dependem de diversos fatores como implicações técnicas, nível de risco, investimento ao longo do ciclo de vida, uso de recursos e reação do mercado, o que leva praticantes de P&D e pesquisadores a procurar por modelos de suporte à decisão de P&D mais eficientes, que representem de forma realista um projeto de P&D e seu ambiente externo (HASSANZADEH et al, 2012).

Segundo Beaujon et al. (2001), P&D tem um papel crucial no sucesso futuro de empresas, enquanto seus recursos estiverem focados nas atividades adequadas. Objetivos comuns a diversas empresas são: equilibrar o conjunto de projetos entre pesquisa básica e aplicada; encorajar criatividade atendendo a objetivos; ligar P&D aos clientes internos e finais, e medir o resultado da P&D em termos significativos para a organização. Entretanto, desafios para atingir tais objetivos incluem: longos tempos de espera para P&D, incerteza em relação ao sucesso comercial de projetos de P&D e especialização de habilidades de P&D, com limitação na transferência entre um projeto e outro.

A gestão de P&D também tem importantes aplicações à indústria farmacêutica e pesquisa de vacinas, como mostram Hsu e Schwartz (2008), que desenvolvem um modelo para avaliação das vantagens e desvantagens de programas de incentivo ao desenvolvimento de vacinas em países subdesenvolvidos. Neste caso, nota-se a importância da gestão de P&D não apenas para fins econômicos, mas principalmente, com importantes consequências à saúde e prevenção de doenças no mundo, tornando a qualidade do resultado da P&D um fator também crucial à sociedade.

Segundo Boer (2002), a avaliação financeira de P&D se transformou dramaticamente desde a metade da década de 1980, com novos padrões de financiamento, maior sofisticação sobre o tratamento de risco e valor e novas ferramentas para mensuração do capital intelectual. Além dos modelos básicos de fluxo de caixa descontado, melhores ferramentas surgiram, como a aplicação de opções reais e dissecação dos elementos de risco. Planilhas eletrônicas, bases de dados *online*, *software* de simulação Monte Carlo e o uso da *Internet* estão entre as ferramentas adicionais disponíveis.

Segundo Boer (2003), em termos financeiros, todo plano de projeto de P&D industrial tem como objetivo um retorno financeiro, representado por seu VPL, que, entretanto, é diminuído por três fatores: (1) A perda de valor do dinheiro ao longo do tempo, (2) O risco de falha técnica e (3) O custo do programa de P&D em si. Estes fatores implicam na necessidade da alta gestão fazer decisões sobre a continuidade do investimento, caso este esteja gerando valor, e quanto investir. Este julgamento não pode ser puramente linear, pois deve incluir a flexibilidade gerencial na resposta às constantes mudanças no mercado ou no panorama tecnológico.

Segundo Mikkola (2000), a importância estratégica da P&D leva empresas a avaliar suas tecnologias sob uma perspectiva de portfólio, onde projetos dentro de um conjunto são comparados entre si. Técnicas de portfólio podem auxiliar gestores estratégicos a avaliar estes

portfólios sobre a perspectiva de crescimento e lucratividade corporativos a longo prazo. Um dos maiores desafios de tais técnicas é a escolha de variáveis e indicadores adequados. Além disto, cada empresa enfrenta diferentes tipos de desafios complexos, que são frequentemente únicos a uma indústria.

Segundo Loch e Kavadias (2002), decisões de portfólio são dificultadas pela multiplicidade das consequências de cada decisão e diferença das funções de retorno entre várias linhas de produto, enquanto competem pelos mesmos recursos. Tais retornos são frequentemente incertos e interdependentes.

De acordo com Cohen et al. (2012), a P&D é um influenciador importante da inovação, mudança tecnológica e desenvolvimento de novos produtos, e possui um grande impacto potencial no valor futuro da empresa. Entretanto, devido à sua incerteza inerente, a P&D é particularmente difícil de ser avaliada em termos de suas implicações em futuros preços de ações. Adicionalmente, o mercado tem se mostrado incapaz de avaliar corretamente investimentos em P&D.

Devido às incertezas intrínsecas à gestão de P&D, Huchzermeier e Loch (2001) destacam o valor da flexibilidade gerencial no contexto da incerteza em projetos de P&D, com a capacidade da gestão em coletar informações repetidamente sobre características incertas de projetos e mercado e, baseando-se nestas informações, mudar seu plano de ação. Este valor é chamado de "valor das opções reais".

Segundo Huchzermeier e Loch (2001), grande parte das decisões de investimentos em P&D são caracterizadas pela irreversibilidade e incerteza sobre seus possíveis retornos. Entretanto, a empresa normalmente possui alguma flexibilidade no tempo em que fará o investimento, tendo o direito mas não a obrigação de fazer o investimento em um período futuro, e portanto tendo uma opção análoga a uma opção de compra financeira (DIXIT, PINDYCK, 1994).

Tolga e Kahraman (2008) destacam também a importância estratégica da seleção de projetos de P&D em dois principais sentidos: (1) O orçamento de P&D representa grandes investimentos; (2) Os retornos organizacionais dos projetos tem natureza multidimensional e arriscada, em termos de resultados projetados. Assim como diversos autores na literatura, também sugerem o uso de opções reais para lidar com este risco.

Tolga e Kahraman (2008) também apontam a importância da consideração de outros critérios além da perspectiva financeira, já que a avaliação considerando apenas custo e lucro como medidas pode ignorar outros aspectos importantes como: capacitação de *marketing*,

probabilidade de sucesso comercial e técnico, tempo de conclusão, entre outros. Na seleção de projetos de P&D, portanto, os tomadores de decisão devem utilizar uma modelagem de múltiplos critérios ou atributos.

A redução sistemática do risco único (*unique risk*), segundo Luo et al. (2008), é um fator de sucesso em P&D apontado por diversos acadêmicos. Desta maneira, empresas devem adotar a diversificação ou comportamento de cobertura (*hedging behavior*) para reduzir o risco de investimento em P&D, e podem usar métodos de opções reais para considerar este comportamento. Luo et al. (2008) aponta também o problema da subjetividade nas expectativas de mercado e tecnologia dos gestores de portfólio, o que compromete a precisão da avaliação de projetos de P&D.

De maneira geral, de acordo com Carlsson et al. (2006) inovações são imprevisíveis, e envolvem grandes incertezas com respeito tanto ao desenvolvimento de novas oportunidades em mercados existentes e em processos produtivos. A gestão de P&D procura manter a empresa em linha com o ritmo de desenvolvimento tecnológico.

A natureza proativa dos projetos de P&D torna difícil suas avaliações, dado que as informações necessárias à sua valoração são reveladas gradualmente durante o projeto, tornando estimativas impossíveis ou imprecisas, forçando a gestão a tomar decisões de investimento de recursos para descobrir novas informações. Na falta de avaliações de fluxo de caixa quantitativas, a gestão de P&D se baseia apenas em avaliações quantitativas de *experts* tecnológicos (CARLSSON et al., 2006).

Segundo Cooper et al. (1998), a gestão de portfólio de projetos endereça questões como:

- Que projetos de desenvolvimento de produtos devem ser realizados?
- Qual é o equilíbrio adequado de projetos?
- Como alocar recursos entre diversos projetos de desenvolvimento?

Gestão de portfólio é, portanto, um tópico crucial, por integrar um número de áreas chave na tomada de decisão, todas complexas: seleção de projetos e priorização, alocação de recursos entre projetos e implementação da estratégia de negócios (COOPER, KLEINSCHMIDT, 1986, 1996; ROUSSEL et al., 1991).

Segundo Cooper et al. (1997), a missão, visão e estratégia de um negócio são operacionalizadas por meio das decisões tomadas pelo negócio em relação a onde investir

seus recursos. Desta maneira, a maior parte do investimento de P&D deve estar focada nos mercados, produtos e tecnologias escolhidos pela estratégia como mais importantes.

Em resumo, pode-se observar na literatura uma vasta gama de ferramentas e material produzido no assunto de avaliação e valoração de projetos de P&D, explicados por sua grande importância às empresas na atualidade. Ainda assim, os gestores enfrentam diversos desafios, tanto relacionadas à natureza complexa dos projetos de P&D como à aplicabilidade dos modelos e ferramentas disponíveis. Desta maneira, ferramentas que os auxiliem a escolher métodos de auxílio à tomada de decisão mais adequados à situação enfrentada podem ser de grande valor.

1.2. Escopo e objetivos do trabalho

Este trabalho buscará expor os principais tipos de modelos e ferramentas para valoração e avaliação de projetos de P&D existentes na literatura, analisando suas funcionalidades para aplicações em problemas reais vividos por empresas, com o objetivo de expandir e melhorar o entendimento atual sobre os modelos e ferramentas de valoração de projetos de P&D presentes na literatura. Tais modelos e ferramentas são agrupados em: Métodos de Valor Presente Líquido (VPL), Métodos de Opções Reais e Métodos com Programação Linear *Fuzzy*. Não obstante, alguns métodos aplicam mais de um destes conceitos. Dado que o trabalho se concentra nas principais funcionalidades, limitações e diferenças entre os métodos, a demonstração matemática completa dos modelos matemáticos mostrados está fora do escopo do trabalho, e para isto são indicadas as referências de cada artigo, cuja leitura é recomendada para aprofundamento posterior.

As principais dificuldades enfrentadas por gestores de P&D na valoração de projetos de P&D são mostradas, tal como as limitações dos métodos atuais, e os principais objetivos almejados por gestores de P&D na gestão de portfólio.

Um modelo de contingência será desenvolvido, que buscará, por meio de questões a serem respondidas pelos gestores de P&D da empresa usuária, indicar os métodos ou ferramentas mais adequados à sua situação. O modelo de contingência será testado com empresas reais, e seus resultados são discutidos. O modelo tem o objetivo de auxiliar a tomada de decisão na priorização de projetos de P&D dentro do portfólio de uma empresa.

Será exposta uma introdução teórica sobre gestão de portfólio, e conceitos específicos como programação linear *fuzzy* e teoria de contingência.

1.3. Justificativa do trabalho

Conforme mostrado em (1.1.), a gestão de portfólio de projetos de P&D e o problema de valoração de projetos de P&D são problemas altamente relevantes às empresas nos dias atuais. A variedade de problemas enfrentados por empresas torna necessária a escolha de métodos e ferramentas mais adequados a cada situação. Portanto, um modelo que auxilie os tomadores de decisão a escolher um método mais adequado pode ser de grande uso no endereçamento do problema de avaliação e valoração de projetos de P&D.

Embora muitos métodos e ferramentas tenham sido desenvolvidos na literatura, predominantemente utilizando opções reais e programação linear *fuzzy*, não existem modelos de contingência para seleção de métodos mais adequados a cada situação. Da mesma maneira, devido às limitações de cada método, e à complexidade intrínseca a cada projeto de P&D diferente, não existem métodos, ou soluções que se adequem a todos os casos, e cada situação pode requerer um tratamento distinto, ou mesmo o uso de diversos métodos simultaneamente.

Os métodos existentes podem também não ser de conhecimento de grande parte das pessoas envolvidas em gestão de P&D, e diversos métodos baseados em modelagem matemática e otimização podem envolver conceitos de alta complexidade para pessoas de menor familiaridade com o assunto. Neste sentido, este trabalho busca auxiliar na melhoria do conhecimento geral sobre os métodos existentes, sua aplicabilidade a situações reais e sobre as formas como podem auxiliar a gestão de portfólio de P&D.

O modelo de contingência, baseado em questões a serem respondidas por gestores de P&D na organização, pode também auxiliar a empresa a ter melhor compreensão de seus problemas enfrentados, tal como reavaliar seus critérios de priorização de projetos dentro de um portfólio. Por fim, ressalta-se que a literatura no assunto é vasta e em constante expansão, e portanto, este trabalho não busca esgotar os estudos em valoração de P&D, mas sim, motivar futuros estudos que priorizem o entendimento geral sobre aplicações aos problemas reais. Em um mundo cada vez mais inovador, em rápido processo de mudanças, a priorização de projetos de P&D mais promissores será uma questão cada vez mais crucial, tanto para empresas incumbentes como entrantes.

1.4. Metodologia

Inicialmente, realizou-se uma revisão bibliográfica nos temas de valoração de projetos de P&D, gestão de portfólio, métodos de valor presente líquido, opções reais, programação linear *fuzzy* e demais tipos. Verificando-se a repetição do uso de opções reais e programação *fuzzy* em diversos métodos na literatura, buscou-se observar as diferenças entre os modelos, e as principais funcionalidades de cada um, buscando os relacionar com as boas práticas de gestão de portfólio explicadas por Cooper et al. (1997).

Buscou-se fontes mais detalhadas sobre temas mais específicos, como Dixit e Pindyck (1994) para opções reais e Zimmermann (1997) para números *fuzzy*. Após consolidação destes conteúdos, desenvolveu-se o modelo de contingência, baseado em questões que avaliassem a situação da empresa em relação às funcionalidades dos métodos pesquisados, para sugestão de métodos mais adequados, dependendo das respostas obtidas. O modelo de contingência utiliza uma planilha de *Microsoft Excel*.

O modelo foi enviado via *e-mail* para empresas por intermédio de uma consultoria de gestão, e as empresas o testaram e forneceram *feedback*. Tais empresas foram contatadas por meio de uma base de dados internacional de tal consultoria de gestão, cuja identidade não será revelada, como condição do aproveitamento dos resultados dos testes. As empresas participantes forneceram suas respostas, setor da indústria e comentários sobre benefícios e limitações encontradas no uso do modelo. Finalmente, uma discussão e uma avaliação do modelo é exposta, de modo a analisar os resultados obtidos frente à teoria existente na literatura atual.

1.5. Estrutura do trabalho

A seção 2 mostra uma revisão bibliográfica sobre os temas de gestão de portfólio, valoração de projetos de P&D, métodos de valor presente líquido, opções reais, programação linear *fuzzy* e demais tipos, mostrando as funcionalidades, benefícios e limitações dos principais métodos e ferramentas existentes na literatura. A seção 3 explica o modelo de contingência, seu processo de funcionamento e suas funcionalidades, assim como um tutorial de suporte ao usuário. A seção 4 demonstra a análise das respostas obtidas por empresas que testaram o modelo, e as respectivas soluções recomendadas com base no modelo de contingência, discutindo-as com base na teoria pesquisada. A seção 5 expõe as considerações finais do trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Princípios da gestão de portfólio de projetos de P&D

2.1.1. Introdução

Segundo Cooper et al. (1997), a gestão de portfólio é a alocação de recursos para o atingimento de objetivos no desenvolvimento de novos produtos, e, desta maneira, a capacidade da alta gestão em otimizar os investimentos estratégicos em P&D é crucial para o sucesso da empresa no longo prazo.

A alocação de recursos, que frequentemente são escassos, consiste na priorização de financiamento de projetos de novos produtos em relação a outros para futuro lançamento no mercado. Esta alocação deve ser feita de forma a obter equilíbrio, com a mistura ótima de investimentos, entre risco e retorno, crescimento e manutenção e projetos de novos produtos que visam o curto prazo e o longo prazo.

Devido às constantes mudanças e incertezas nas informações disponíveis sobre os projetos, dinamismo de oportunidades, multiplicidade de objetivos e considerações estratégicas, a lista de projetos a serem priorizados deve ser constantemente revisada. Desta maneira, revisões periódicas do portfólio são feitas, com a tomada de decisão quanto ao investimento e desinvestimento em projetos.

Cooper et al. (1997) citam características da gestão de portfólio que dificultam a tomada de decisão nas empresas, entre elas:

- Lidar com eventos e oportunidades futuras, o que faz com que grande parte da informação necessária à tomada de decisão seja incerta ou de baixa confiabilidade;
- Dinamismo do ambiente de decisões, com constante mudança da situação e prospecto do portfólio de negócios, com a disponibilidade de novas informações;
- Diferentes estágios de maturidade de cada projeto;
- Comparação entre projetos com diferente quantidade e qualidade de informações entre si;

- Escassez de recursos, gerando competição entre projetos pelos recursos existentes; tal transferência de recursos é frequentemente complexa.

Desta maneira, existem diversos métodos matemáticos de otimização do portfólio na literatura, que utilizam técnicas de programação linear, dinâmica e inteira. Tais projetos, entretanto, apresentam dificuldades em sua implementação e viabilidade.

Segundo Cooper et al. (1997), as empresas consideram a gestão de portfólio uma atividade crucial ao sucesso de novos produtos; entretanto, enfrentam dificuldades comuns, entre elas:

- O portfólio de projetos falha em retratar a estratégia adotada pela empresa;
- Portfólio de projetos de baixa qualidade;
- Ineficiência nos processos de decisão de continuidade ou descontinuidade de projetos (portfólio passa por um "túnel" ao invés de um "funil", sem o filtro e eliminação de projetos ruins);
- Falta de critérios definidos para priorização e encerramento de projetos;
- Escassez de recursos e falta de foco na seleção de projetos;
- Trivialização do desenvolvimento de produtos.

Cooper et al. (1997) citam então os três principais macro objetivos almejados pela alta gestão das empresas, que influenciam de forma implícita ou explícita sua escolha de método de gestão de portfólio:

- Maximização do Valor – alocação dos recursos de maneira a maximizar o valor do portfólio em termos de um objetivo da empresa, como lucratividade a longo prazo, retorno sobre investimento, probabilidade de sucesso ou outro objetivo estratégico;
- Equilíbrio – principal preocupação é o atingimento de um equilíbrio de projetos em termos de diversos parâmetros, como: equilíbrio entre projetos de longo e curto prazo, alto e baixo risco, investimentos seguros, entre diferentes mercados, tecnologias, categorias de produto e tipos de projeto;
- Alinhamento Estratégico – foco principal é garantir que, acima de todas as considerações, o portfólio final de projetos reflete de forma verdadeira a estratégia de negócios da empresa, com a divisão de despesas entre projetos, áreas e mercados diretamente ligada à estratégia de negócios e que todos os projetos estejam "dentro da estratégia".

Adicionalmente, Cooper et al. (1997), em suas entrevistas realizadas com gestores de empresas, observam que, na maioria dos casos, um dos três objetivos citados acima predomina em relação aos outros dois, devido à maior adequabilidade de certas abordagens de gestão de portfólio em cada situação distinta, dependendo do objetivo no qual a alta gestão da empresa possui um foco explícito ou implícito.

2.1.2. Métodos gerais para atingimento de objetivos em gestão de portfólio

Esta seção mostrará métodos para o atingimento dos três principais objetivos citados por Cooper et al. (1997) na seção anterior.

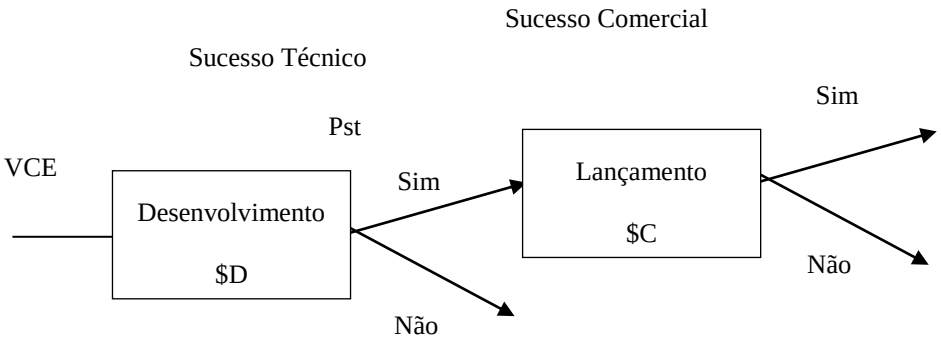
2.1.2.1. Maximização do Valor do Portfólio

Diversos tipos de métodos, como financeiros ou de pontuação (*scoring*) são utilizados para atingir este objetivo. O produto final de cada método citado a seguir é uma lista ordenada de projetos, classificados quanto à decisão de o continuar ou suspender, onde os projetos no topo da lista possuem maior pontuação quanto ao atingimento do objetivo almejado. Desta maneira, o valor do portfólio em termos deste objetivo é maximizado.

2.1.2.1.1. Valor Comercial Esperado

Um dos modelos financeiros mais conhecidos e utilizados, busca maximizar o valor comercial do projeto, sujeito a diversas restrições de orçamento. Conforme a Figura 1 a seguir, baseia-se numa análise de árvore de decisões, utilizando os fluxos de caixa futuros esperados do projetos, probabilidades de sucesso comercial e técnico, e os custos de comercialização e desenvolvimento.

Figura 1- Exemplo de Aplicação do Método do Valor Comercial Esperado



Fonte: Adaptado de Cooper et al. (1997)

Desta maneira, o cálculo do Valor Comercial Esperado do projeto é calculado pela fórmula abaixo:

$$VCE = [(VPL * Pcs * IS - C) * Pst - D]$$

Sendo:

- VCE = Valor Comercial Esperado
- Pst = Probabilidade de Sucesso Técnico
- Psc = Probabilidade de Sucesso Comercial (dada a probabilidade de sucesso técnico)
- IS = Importância Estratégica do Projeto, em uma escala de 1 a 3
- C = Custos Totais de Comercialização
- D = Custos Totais de Distribuição
- VPL = Valor Presente Líquido (descontado à data do cálculo)

O modelo possui, como vantagens, o fato de se basear numa abordagem de árvore de decisão, que reconhece que se um projeto é paralisado em uma fase intermediária, certas despesas não são incorridas, e o processo de decisão de continuar ou encerrar um projeto (*Go/ Kill decision process*) é feito por passos, ou de maneira incremental. Uma segunda vantagem é o desconto dos valores em relação à data de hoje, o que penaliza projetos a uma data de lançamento mais distante. O VCE, apesar de ser baseado em conceitos financeiros, considera também a importância estratégica dos projetos. Finalmente, considera o problema da escassez de recursos e procura maximizar o valor frente a esta restrição.

Entre suas desvantagens, estão: dependência de dados financeiros e quantitativos, que possibilitam as estimativas de receita e custos, ou incerteza na precisão dos dados, o que pode prejudicar projetos mais novos ou inovadores, com pouca informação inicial disponível. Outras desvantagens são a falta de consideração do equilíbrio entre projetos (ex.: projetos de alto e baixo risco), e a consideração de apenas um único critério para maximização.

2.1.2.1.2. Índice de Produtividade

O Índice de Produtividade (IP) possui forte similaridade com o VCE, com as mesmas vantagens e desvantagens, e também busca maximizar o valor financeiro do portfólio, dadas as restrições de recursos definidas. O Índice de Produtividade é definido pela fórmula abaixo:

$$IP = \frac{[VCE * Pst - P\&D]}{P\&D},$$

Sendo VCE o Valor Comercial Esperado, calculado como uma média ponderada por probabilidades dos fluxos de caixa descontados do projeto, Pst a probabilidade de sucesso técnico do projeto e P&D o valor a ser investido em P&D no projeto em questão.

2.1.2.1.3. Lista Ordenada Dinâmica

Este método permite a consideração de múltiplos critérios para o ranqueamento de projetos, e tem uma implementação mais simples e rápida em relação ao modelo completo de pontuação (*scoring*). Os critérios utilizados podem ser, por exemplo: lucratividade e medidas de retorno, importância estratégica, facilidade e rapidez de uso e outras características desejáveis em projetos. A Figura 2 mostra um exemplo de aplicação do método.

Figura 2 - Exemplo de Aplicação da Lista Ordenada Dinâmica

Projeto	TIR*PTS	VPL*PTS	Importância Estratégica	Pontuação para Ranking
Alfa	16 (2)	8 (2)	5 (1)	1.67 (1)
Épsilon	10.8 (4)	18 (1)	4 (2)	2.33 (2)
Delta	11.1(3)	7.8 (3)	2 (4)	3.33 (3)
Omega	18.7 (3)	5.1 (4)	1 (6)	3.67 (4)
Gamma	9.0 (6)	4.5 (5)	3 (3)	4.67 (5)
Beta	10.5(5)	1.4 (6)	2 (4)	5.00 (6)

Nota: TIR e VPL multiplicados pela Probabilidade de Sucesso Técnico. Projetos ranqueados de acordo com três critérios; números em parênteses mostram o ranking em cada coluna. Projetos ranqueados até não haver mais recursos. Na última coluna, é mostrado o ranking final.

Fonte: Adaptado de Cooper et al. (1997)

No exemplo, o critério importância estratégica é avaliado em uma escala de 1 a 5. Para que seja possível a priorização e ranqueamento em diversos critérios de maneira simultânea, a probabilidade de sucesso técnico é multiplicada pela TIR e VPL para um valor ajustado dos dois indicadores. A seguir, são ranqueados de maneira independente em cada critério: TIR ajustado, VPL ajustado e importância estratégica. O *ranking* final, na coluna da direita da Figura 2 é determinado pela média aritmética dos três *rankings* atuais.

As principais vantagens deste método são sua simplicidade e consideração de múltiplos critérios; suas desvantagens são a falta de consideração de escassez de recursos, a dependência de dados financeiros incertos ou não confiáveis e desconsideração do equilíbrio entre projetos.

a.

2.1.2.1.4. Modelos de Pontuação (*Scoring*)

Os modelos de pontuação podem ser utilizados para a priorização de projetos e gestão de portfólio. Uma lista final de projetos é obtida, classificando-os entre projetos de alta e baixa prioridade, e cada critério é avaliado em escalas (como 1-5 ou 0-10), com frases-âncora. Estes critérios podem ser multiplicados por pesos, de modo a se obter uma avaliação ponderada e uma pontuação final para cada projeto.

Cooper et al. (1997) mostra o exemplo do modelo de pontuação de Hoescht, que considera os seguintes fatores principais para a priorização de projetos:

- Retorno (à companhia)
- Encaixe com a Estratégia de Negócios (encaixe com a estratégia de unidade de negócios)
- Probabilidade de sucesso comercial
- Probabilidade de sucesso técnico
- Alavancagem estratégica (capacidade do projeto alavancar recursos e competências da companhia)

Estes fatores são avaliados por escalas de 1 a 10 pela gestão da empresa, e frases-âncoras podem ser ligadas a escalas 1-4-7-10 para maior simplificação. As pontuações são somadas ponderadamente para a obtenção de uma pontuação de atratividade do projeto. A pontuação é utilizada para dois propósitos:

1. Decisões de continuar ou encerrar projetos em etapas de decisão (*Stage-Gates*)
2. Priorização de projetos (comparação entre pontuações obtidas)

Cooper et al. (1997) cita limitações deste método:

- Precisão imaginária – modelo de pontuação trabalha com uma precisão numérica muito difícil de ser provada;
- Efeito de aura – um projeto com boa pontuação em um critério tende a ter pontuações altas em vários outros critérios;
- Eficiência de alocação de recursos escassos – modelo falha em garantir a pontuação mais alta dada uma certa quantia de investimento em P&D.

2.1.2.1.5. Principais desvantagens dos métodos de maximização do valor

A maior limitação destes métodos é a falha em garantir alinhamento estratégico e equilíbrio ótimo dos projetos dentro do portfólio. Ainda assim, um portfólio necessita ser formado por projetos com bons níveis de lucratividade, probabilidade de sucesso técnico e atratividade geral, e, portanto, os métodos de maximização de valor são altamente importantes para os gestores de portfólio das empresas.

2.1.2.2. Equilíbrio entre Projetos

Cooper et al. (1997) definem um portfólio equilibrado como um conjunto de projetos equilibrado em termos de um número de parâmetros chave, com analogia a um portfólio diversificado de investimentos. Hill e Jones (1992) definem o portfólio equilibrado como um arranjo de projetos que permite a empresa atingir seus objetivos de crescimento e lucratividade associados à sua estratégia corporativa, sem que a empresa se exponha a riscos indevidos. Para a obtenção de um portfólio equilibrado, gestores podem utilizar gráficos visuais, diagramas de bolha e demais representações, a serem mostradas a seguir.

2.1.2.2.1. Dimensões a serem consideradas

Nos diagramas de bolha, diversos parâmetros podem ser utilizados para os eixos vertical e horizontal, por exemplo:

- Encaixe com estratégia de negócios ou corporativa;
- Mérito inventivo e importância estratégica ao negócio;
- Durabilidade da vantagem competitiva;
- Recompensa, baseada em expectativas financeiras;
- Impacto competitivo das tecnologias;
- Probabilidades de sucesso (técnico e comercial);
- Tempo para conclusão do projeto;
- Custos de P&D até conclusão do projeto;

- Investimento de capital e *marketing* requeridos;
- Entre outros.

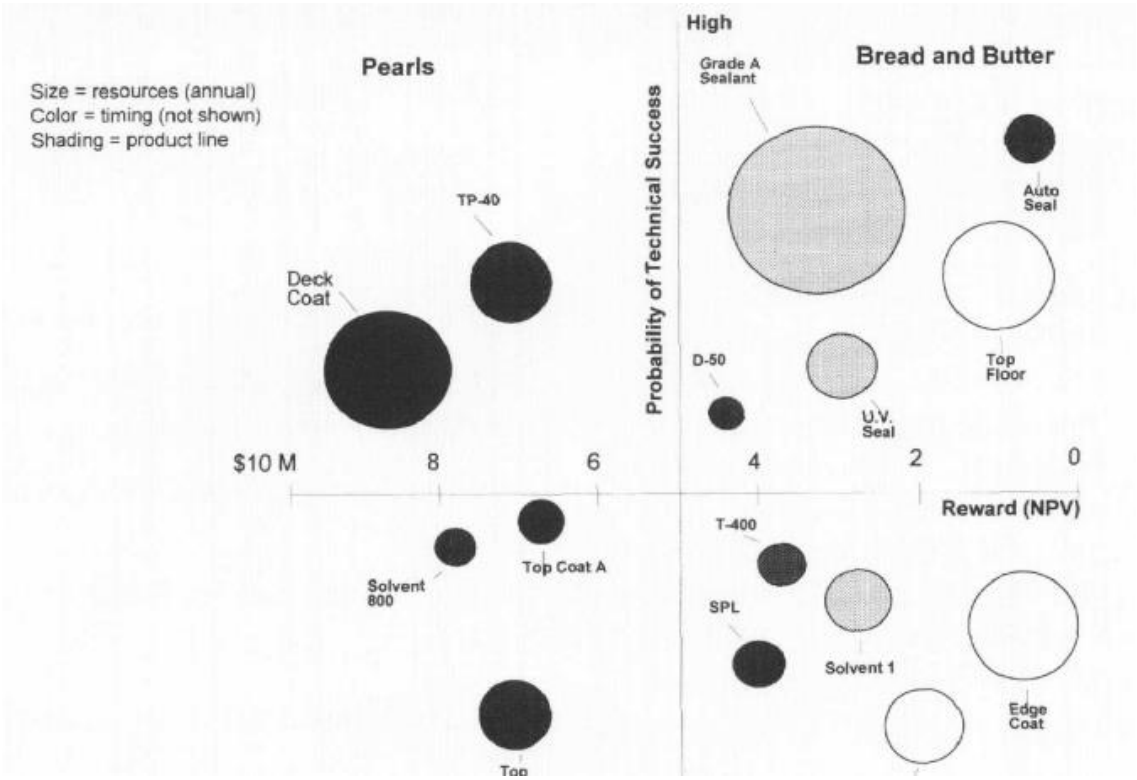
2.1.2.2.2. Diagramas de Bolha de Risco e Retorno

Nestes diagramas, usados em grande escala por empresas, um eixo representa uma medida de retorno para a empresa, e outro, uma medida de probabilidade de sucesso.

Algumas empresas utilizam estimativas qualitativas de retorno (como “moderado” ou “excelente”). Cooper et al. (1997) observa que gestores apontam riscos em uma ênfase exagerada em medidas financeiras, especialmente em estágios iniciais de um projeto. Christensen, Kaufman e Shih (2008) apontam também possíveis perigos no uso equivocado de ferramentas puramente financeiras, que podem distorcer o valor, importância e probabilidade de sucesso de investimentos em inovação.

Entretanto, estimativas quantitativas e financeiras de retorno são utilizadas em grande escala, como o VPL ajustado pelo risco, por meio de uma taxa de desconto ajustada pelo risco. Cálculo probabilístico pode ser utilizado para calcular o VPL com estimativas incertas, ou a simulação de Monte Carlo pode também ser utilizada. A probabilidade de sucesso técnico é o eixo vertical do gráfico e a probabilidade de sucesso comercial já está incluída no cálculo do VPL.

Figura 3 - Exemplo de Gráfico de Bolhas



Fonte: Adaptado de Cooper et al. (1997)

A Figura 3 mostra um exemplo de Gráfico de Bolhas. Os quatro quadrantes representam os grupos de projetos, classificados como:

- Pérolas – produtos com alto potencial de sucesso, alta probabilidade de sucesso e com alto retorno esperado. Projetos mais desejados pelas empresas;
- Ostras – projetos mais arriscados, com um alto retorno esperado mas baixa probabilidade de sucesso técnico. Evoluções tecnológicas podem gerar retornos futuros;
- Pão com Manteiga – projetos pequenos e simples, com alta probabilidade de sucesso mas baixo retorno;
- Elefantes Brancos – baixa probabilidade de sucesso e baixo retorno.

Uma principal vantagem do diagrama é a consideração do problema de recursos, já que a soma da área dos círculos deve ser constante, e portanto recursos adicionados a um projeto devem ser retirados de outro. Informações como a linha de produto de cada projeto também

podem estar no gráfico, o que aumenta o volume de informações possíveis de serem visualizadas no gráfico.

2.1.2.2.3. Lidar com incertezas

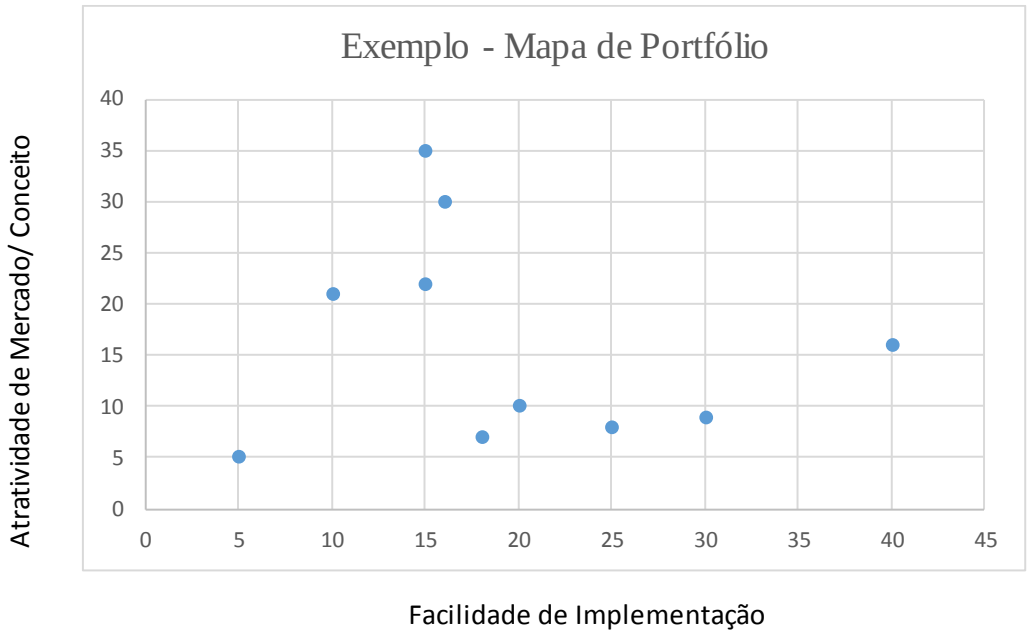
No uso do gráfico de bolhas, caso existam incertezas nas estimativas de retorno ou probabilidade de sucesso, os círculos podem ser substituídos por elipses, conforme cita Cooper et al. (1997), no caso das Elipses 3M.

A simulação de Monte Carlo pode ser utilizada para gerar um grande número de cenários, que simulem os diferentes valores de variáveis de um projeto, como VPL, tempo de lançamento e probabilidade de sucesso comercial. Uma distribuição probabilística é calculada para cada variável, de forma a obter, com a simulação, uma estimativa do VPL e seu intervalo de incerteza. Estes intervalos de VPL podem ser mostrados num gráfico de esferas tridimensional (bolhas tornam-se esferas).

2.1.2.2.4. Mapas de Portfólio baseados nos Modelos de Pontuação

A Figura 4 mostra o mapa de portfólio utilizado pela empresa Reckitt & Colman, e é uma versão simplificada do diagrama de risco e retorno, mostrando uma relação de grande utilidade à gestão da empresa: a “atratividade de conceito” e a “facilidade de implementação”. Os pontos do diagrama representam projetos do portfólio.

Figura 4 - Exemplo de Mapa de Portfólio



Fonte: Adaptado de Cooper et al. (1997)

A atratividade de conceito é formada por pontuações em diversos itens, como:

- Intenção de compra;
- Vantagem do produto;
- Sustentabilidade da vantagem;
- Escopo internacional.

A facilidade de implementação é formada por pontuações em itens que incluem as forças tecnológicas e ausência esperada de problemas em termos de desenvolvimento, registro, empacotamento, manufatura e distribuição. Deve-se reforçar que, ainda que estes são exemplos da aplicação específica da empresa Reckitt & Colman, itens diferentes, referentes a situações de outras empresas que venham a usar o modelo, podem ser aplicados de maneira análoga.

Cooper et al. (1997) cita também o caso da empresa Speciality Minerals, que se baseia num modelo de pontuação (*scoring*), que prioriza projetos para tomada de decisão nos Stage Gates, considerando diversos fatores para entrada num diagrama de bolhas. O diagrama utiliza os seguintes fatores:

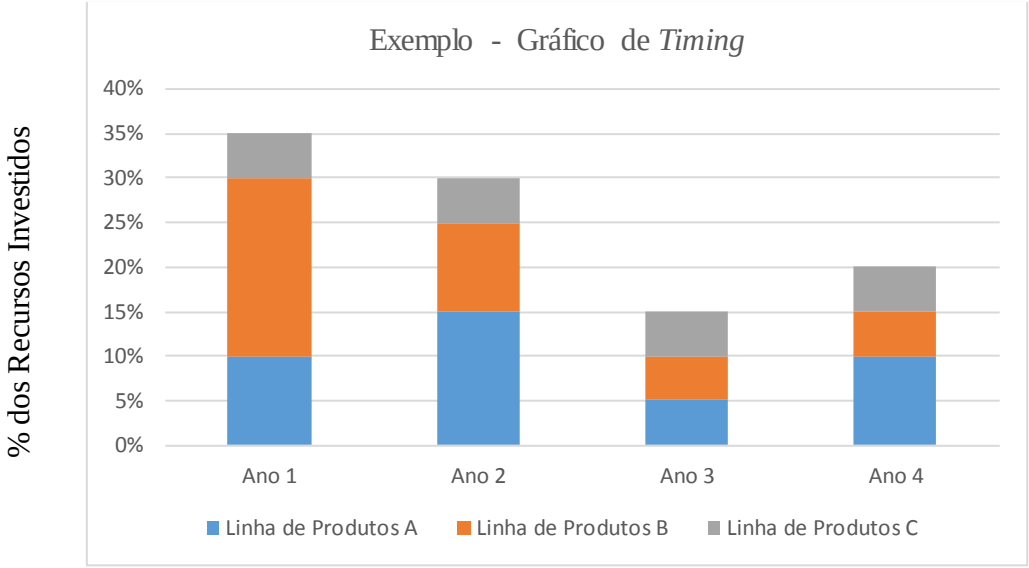
- Eixo vertical: valor para a corporação, composto ponderadamente por:
- Atratividade financeira
- Fatores de vantagem competitiva
- Eixo horizontal: probabilidade de sucesso, composto ponderadamente por:
- Interesse do cliente
- Viabilidade técnica
- Encaixe com capacitações técnicas e de manufatura

A vantagem principal deste método é a dupla utilidade do modelo *scoring*: priorização de projetos e provisão de fatores para construção do diagrama de bolhas.

Cooper et al. (1997) cita quatro possíveis fatores (entre outros) em relação aos quais um portfólio pode ser balanceado, com uso de histogramas e gráficos de torta (*pie charts*).

- *Timing* – O portfólio pode visar um equilíbrio entre projetos de curto e longo prazo, ou um número mínimo de projetos novos. A Figura 5 a seguir mostra um exemplo de um gráfico de *Timing*, sendo o eixo vertical a porcentagem de recursos disponíveis, investidos em cada uma das linhas de produtos em cada um dos anos em questão;

Figura 5 - Gráfico de Timing



Fonte: Adaptado de Cooper et al. (1997)

- Fluxo de caixa – Equilibrar o portfólio de projetos de maneira que as saídas de caixa estejam equilibradas com as entradas de caixa dos projetos;
- Tipos de projeto – Equilíbrio do portfólio em relação a tipos de projeto, como: produtos novos e melhorias de novos produtos; extensões de produto e manutenção de produto; reduções de curso e melhorias em processos, entre outros.
- Mercado, produtos e tecnologia – Equilibrar o investimento em P&D em diversas linhas de produto, mercados distintos ou tecnologias; gráficos de torta podem ser utilizados para mostrar estas análises.

2.1.2.2.5. Dificuldades ao Equilíbrio entre Projetos

Cooper et al. (1997) cita os principais problemas citados pelas empresas ao buscar um equilíbrio entre os projetos:

- Dependência de dados financeiros frequentemente indisponíveis ou incertos (no caso do uso do VPL em um dos eixos do gráfico, por exemplo);
- Excesso de informações criados pelo número de gráficos e mapas;
- Métodos apresentam informações, mas não são modelos de decisão; a gestão da empresa ainda deve traduzir estas informações em decisões de priorização de projetos;

- Dificuldade em decidir qual o “equilíbrio correto” entre projetos; um portfólio fora de equilíbrio era frequentemente difícil de ser distinguido de outro em equilíbrio.
- Falta de clareza sobre como utilizar os mapas e gráficos.

2.1.2.3. Ligação do Portfólio com a Estratégia da Empresa

De acordo com Cooper et al. (1997), a missão, visão e estratégia de um negócio é operacionalizada por meio das decisões que o negócio executa em relação a onde investir seus recursos.

Para a ligação do portfólio com a estratégia da empresa, existem duas principais questões a serem consideradas:

- Encaixe com a estratégia – verificação da consistência dos projetos em relação à estratégia da empresa; projetos do portfólio estão de acordo com as áreas estrategicamente prioritárias?
- Divisão de despesas de P&D – despesas atuais estão de acordo com as áreas estrategicamente prioritárias?

Para atingir alinhamento estratégico, Cooper et al. (1997) cita duas principais abordagens:

- Adição de critérios estratégicos às ferramentas de priorização de projetos;
- Modelos de estratégia de cima para baixo (*top-down)*: partindo da estratégia de negócios, a empresa determina orçamentos para cada tipo de projeto.

Modelos de *scoring* também são meios efetivos de atingir alinhamento estratégico, por meio da adição de considerações estratégicas ao modelo.

2.1.2.3.1. Abordagens cima para baixo (top-down) de alinhamento estratégico

De acordo com Cooper et al. (1997), esta abordagem garante que o portfólio reflita a estratégia da empresa de maneira real, com alocação de recursos alinhada à estratégia da empresa. A seguir são descritas as duas variações desta abordagem:

2.1.2.3.1.1. Modelo de “Baldes” Estratégicos (Strategic Buckets)

O principal pressuposto desta abordagem é que a implementação da estratégia equivale ao investimento de orçamento em projetos específicos. Partindo da estratégia da empresa, a gestão determina escolhas de alocação de recursos escassos, e a estas escolhas se dá o nome de “Baldes” Estratégicos de orçamento (*Strategic Buckets*).

As escolhas devem ser baseadas nos objetivos estratégicos planejados pela empresa, e os recursos são alocados de acordo com categorias em diversas dimensões:

- Objetivos estratégicos;
- Linhas de produtos;
- Tipos de projetos (BOOZ, ALLEN & HAMILTON, 1982);
- Matriz de Familiaridade (ROBERTS; BERRY, 1983)
- Geografia.

Após a definição dos “Baldes” Estratégicos, a quantia a ser investida em cada um é determinada, e uma análise de diferença entre a quantia planejada e a quantidade real investida é realizada. Os projetos então são ranqueados dentro de cada Balde, para priorização de projetos dentro de um Balde estratégico. Possíveis ajustes podem ser feitos posteriormente, até que, a longo prazo, o portfólio de projetos esteja completamente alinhado com os níveis de investimento predeterminados pela gestão da empresa.

Uma vantagem importante deste método é a consideração de que projetos que competem pelos mesmos recursos devem ser considerados pela abordagem. Adicionalmente, o método

permite o uso de diversos critérios de divisão entre Baldes, não necessariamente restritos aos mostrados acima.

Sua principal desvantagem é sua complexidade e necessidade de tempo investido pela alta gestão da empresa, e a escolha forçada de divisão de recursos, que, sem a consideração de projetos específicos, pode ser um exercício hipotético.

2.1.2.3.1.2. Plano Estratégico ou Checagem Estratégica (StratPlan ou Strategic Check)

Este método também se inicia com base na estratégia de negócios, e então desenvolve uma missão estratégica para cada negócio, mas tende a ser um modelo para aplicação "após o ocorrido", para uma checagem ou correção do portfólio para a configuração estratégica ideal.

O método desenvolve um *ranking* completo do portfólio, podendo utilizar um método tradicional de maximização (modelo de pontuação ou critérios financeiros) e então checa se a lista resultante é consistente com a estratégia de negócios.

O método Plano Estratégico (StratPlan) é um exercício de planejamento estratégico sobre o portfólio da empresa, que resulta em missões e macro estratégias para cada grupo de produtos. Os projetos são pontuados de forma independente por meio de um método de pontuação, e a linha de corte do portfólio, abaixo da qual definem-se projetos a serem encerrados, é o ponto no qual o investimento total se iguala ao orçamento total, de forma a obter uma primeira lista de projetos.

Esta primeira lista, por sua vez, é agrupada por grupos de produtos, e um montante de investimento é definido para cada grupo de produto, como uma porcentagem das receitas, de modo que a gestão da empresa pode verificar inconsistências em relação à estratégia da empresa, como discrepâncias entre os níveis planejados e atuais de investimento em grupos de produtos.

Uma segunda rodada de priorização se inicia, para uma aproximação maior do portfólio atual ao portfólio almejado pela estratégia da empresa. Este exercício, portanto, analogamente ao modelo de "Baldes Estratégicos", também identifica níveis de investimento por área de produto, mas inverte a ordem dos passos, priorizando projetos antes de checar por

inconsistências, o que torna sua implementação mais fácil e menos demandante à gestão da empresa.

2.1.3. Considerações finais sobre gestão de portfólio

Cooper et al. (1997) ressaltam a importância da gestão de portfólio, devido à forte importância do desenvolvimento de novos produtos para o sucesso da empresa a longo prazo; a gestão de portfólio também é importante à manifestação da estratégia de negócios da empresa e à alocação eficiente de recursos escassos em múltiplos projetos.

Ainda assim, existe dificuldade quanto à escolha de uma solução adequada a cada situação, devido à variedade de situações de portfólio entre as indústrias e multiplicidade de métodos, tanto qualitativos. Desta maneira, Cooper et al. (1997) descarta a noção de um modelo que se aplique a todos os casos, mas sugere modelos como ferramentas de suporte à tomada de decisão.

Cooper et al. (1998) lista, como principais dificuldades apontadas por empresas em seu estudo:

- Falta de utilização ou consistência de aplicação dos métodos de gestão de portfólio
- Dificuldade de uso e entendimento do método
- Falta de eficiência
- Falta de aderência à realidade do problema
- Falta de envolvimento da alta gestão
- Falta de um método formalmente definido

Desta maneira, boas práticas são apontadas entre as empresas de melhor performance do estudo, como:

- Regras e procedimentos claramente definidos para os métodos de gestão de portfólio
- Tratamento de todos os projetos como um portfólio
- Aplicação consistente do método
- Envolvimento da alta gestão na gestão de portfólio

Cooper et al. (1998) relata também que as empresas de melhor performance em seu estudo possuíam uma ênfase menor em métodos puramente financeiros de gestão de portfólio, além de realizarem sua alocação de recursos de maneira mais conectada à estratégia de negócios.

2.2. Métodos de valoração e avaliação de projetos de P&D existentes

Nesta seção, serão mostrados métodos de valoração e avaliação de projetos de P&D, organizados por tipo de conceito utilizado (VPL, Opções Reais, Programação *Fuzzy* ou Outros). Este trabalho se concentrará nas principais funcionalidades, benefícios e limitações de cada método, no suporte aos gestores de P&D em empresas usuárias.

Para as suas demonstrações matemáticas completas e estudo mais aprofundado, recomenda-se a leitura completa do artigo de cada método. Tais artigos estão devidamente expostos nas seções seguintes e nas referências, e o modelo de contingência desenvolvido também fornece ao usuário a referência completa do artigo para pesquisa.

2.2.1. Introdução

De acordo com Hassanzadeh, Collan e Modarres (2012), o investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) aumentou dramaticamente nas últimas duas décadas, o que tornou a área de P&D uma função vital às corporações baseadas em tecnologia, tanto para garantia de sua lucratividade como de sua sobrevivência e promoção de um crescimento sustentável. Desta maneira, as consequências de falhas de projetos ou má gestão podem resultar em grandes perdas econômicas.

Entretanto, informações disponíveis para a tomada de decisão são frequentemente incertas e incorretas, o que aumenta o risco do investimento em P&D, o que leva à forte necessidade do uso de modelos de suporte à decisão que resultem em melhor acomodação de tais incertezas e uma representação mais realista do projeto de P&D dentro do ambiente atual. Desta maneira, modelos clássicos de valoração baseados em fluxo de caixa descontado podem não ser os mais adequados para a valoração de projetos de P&D. Adicionalmente, gestores de áreas de P&D não são tipicamente interessados em lidar com formulações matemáticas complexas

para a tomada de decisão no portfólio de projetos, o que leva à necessidade de simplicidade (HASSANZADEH; COLLAN; MODARRES, 2012).

Estudos quantitativos sobre o problema de seleção no portfólio de P&D podem ser categorizados como lineares ou não-lineares, com um objetivo ou múltiplos objetivos, e com otimização determinística ou não-determinística (ZANAKIS et al., 1995; HEIDENBERGER; STUMMER, 1999; HASSANZADEH et al, 2009).

2.2.2. Tipos de métodos e ferramentas de valoração e avaliação de projetos de P&D

Na literatura, podemos verificar diversos tipos de métodos e ferramentas para valoração e avaliação de projetos de P&D. Previamente à exposição do modelo de contingência, este trabalho estará concentrado na exposição destes métodos e explicação das suas principais variações encontradas na literatura.

Este trabalho terá um foco maior na exposição dos métodos quantitativos, abundantes na literatura e voltados à otimização do portfólio baseado em equações matemáticas, que podem envolver não apenas a maximização do valor financeiro do projeto, mas também diversas restrições relativas, propõe-se um agrupamento entre três tipos principais: os modelos baseados no cálculo direto do VPL, os modelos com utilização de opções reais e os modelos com utilização de programação inteira *fuzzy*. Deve-se ressaltar que estes métodos quantitativos são capazes de incluir diversos fatores externos e efeitos das incertezas existentes.

Adicionalmente, outras ferramentas de suporte à tomada de decisão serão mostradas, de forma a fornecer mais opções aos gestores de P&D. Ferramentas como o uso da abordagem análoga aos derivativos em portfólios de ações (*hedging*) no portfólio de P&D, análise histórica da performance das empresas, entre outros, serão também mostrados.

2.2.3. Método do Valor Presente Líquido (VPL)

2.2.3.1. Modelo Financeiro de P&D na Indústria Farmacêutica, baseado no ciclo de vida dos produtos (MYERS, HOWE, 1997)

Este modelo, proposto por Myers e Howe (1997), estima o valor financeiro de um projeto de P&D da indústria farmacêutica, baseado na entrada de dados fornecidos pelo usuário, referentes ao projeto, e calcula o valor presente líquido baseado nas premissas adotadas e no ciclo de vida histórico da indústria.

Segundo Myers e Howe (1997), a indústria farmacêutica possui alto risco, e os custos de P&D amplificam a exposição dos investidores ao risco, o que aumenta a importância de um modelo matemático que auxilie os gestores a escolher projetos de P&D.

O modelo descrito tem os objetivos de modelar financeiramente o ciclo de vida de um novo medicamento, desde o começo de sua P&D ao fim de sua vida comercial, analisar como as taxas de retorno e risco dos investidores muda ao longo deste ciclo de vida, estimar o custo geral de capital para a indústria farmacêutica e utilizar o modelo para analisar erros e vieses em medidas contábeis de lucratividade da indústria.

Com o uso de simulação de Monte Carlo, o modelo simula um programa de desenvolvimento de uma medicamento; um programa se inicia com um comprometimento por um período de alguns anos para desenvolvimento e comercialização de novas medicações. Desta maneira, os custos de um programa são, principalmente, de dois tipos: primeiramente, os custos fixos da operação de P&D, incorridos mesmo caso não sejam obtidos novos candidatos à medicamentos para comercialização e, em segundo lugar, os custos de teste dos candidatos.

Desta maneira, baseado nas probabilidades históricas de sucesso dos projetos farmacêuticos (sucesso comercial dividido por Myers e Howe (1997) entre “Sucesso”, Acima da Média, Médio, Abaixo da Média e “Fracasso”). O modelo considera, ainda, a probabilidade de entrada de novos concorrentes, que viriam a reduzir os retornos esperados, ou a probabilidade de novos usos e indicações para o medicamento, que viriam a aumentar os retornos esperados. Quanto à entrada de novos concorrentes, Villani (2013) propõe um modelo de valoração de

projetos de P&D considerando a ameaça de entrada de novos competidores, que será descrito na seção posterior.

Premissas são adotadas, como a duração dos estágios de cada etapa de P&D (que, no modelo, são: Descoberta, Teste Pré-Clínico, Teste Clínico e Aprovação Oficial), probabilidade de sucesso de cada etapa, custos de P&D de cada etapa, curvas de receita para cada cenário possível (dado o nível de sucesso comercial atingido), entre outras, como capital de giro e taxa de juros.

Para a valoração dos projetos, o modelo então calcula seu VPL, baseado em Myers e Shyam Sunder (1996). O custo de capital do projeto muda ao longo do ciclo de vida do projeto, sendo mais alto nos estágios iniciais da P&D, e declinando ao longo do desenvolvimento, até estacionar durante a comercialização no mercado.

O VPL é calculado como:

$$VPL = Receitas\ Líquidas - Custos\ Futuros$$

Este cálculo é atualizado de forma dinâmica ao longo das etapas do projeto. O VPL calculado numa fase inicial pode ser menor do que o VPL calculado em fases posteriores, já que, após os testes clínicos, por exemplo, o medicamento está mais próximo da comercialização, e portanto as chances de sucesso comercial aumentam, o que aumenta o valor de receitas líquidas esperadas. Os custos futuros, também diminuem, já que os custos de teste clínico já foram incorridos, o que também aumenta o VPL esperado.

Respectivamente, a cada termo da equação acima, ao VPL, Receitas e Custos são alocados custos de capital relacionados. O VPL é calculado então pelo desconto das Receitas Líquidas dada o seu custo de capital (ligado ao risco de investimento), desconto dos Custos Futuros dado sua taxa de desconto, e subtração dos dois para cálculo do VPL. Estes custos de capital e taxa de desconto também podem variar ao longo do tempo.

Os resultados do modelo demonstram, finalmente, a extrema incerteza dos retornos de investimentos em P&D na indústria farmacêutica; o modelo, embora admitido pelos autores como não completamente realista, baseia-se em dados históricos e demonstra o funcionamento da estrutura financeira da P&D farmacêutica. Os autores executam ainda, uma análise de sensibilidade por meio da mudança dos valores de entrada.

Em conclusão, o modelo lida com a incerteza por meio do uso de simulação de Monte Carlo e médias históricas da indústria como premissas, de modo a descrever de maneira mais completa o investimento em P&D na indústria farmacêutica.

O modelo apresenta uma abordagem interessante, especialmente para valoração de projetos na indústria farmacêutica; podemos citar entretanto, como suas limitações, a dependência de dados financeiros precisos e disponibilidade de diversos valores de entrada exatos ao modelo. O modelo também é focado no retorno financeiro dos projetos, não abordando diretamente o equilíbrio do portfólio e alinhamento estratégico entre projetos.

2.2.3.2. Modelo de Equilíbrio e Otimização de Projetos de P&D (BEAUJON et al, 2001)

Este modelo se baseia em programação linear para otimização de um portfólio, exposto na forma de um problema de programação inteira mista, conhecido como "problema multidimensional do mochileiro". Segundo os autores, tal modelo é de difícil solução; entretanto, os autores propõem o relaxamento das restrições do problema original, de modo que o investimento e implementações parciais (e não apenas completas) seja permitido, de modo que uma solução prática seja viável.

Segundo Beaujon et al. (2001), a estratégia geral para gerir um portfólio de projetos de tecnologia envolve quatro passos sequenciais, para selecionar um conjunto de projetos que melhor atenda aos objetivos estratégicos:

- Especificar os objetivos estratégicos da empresa
- Identificar projetos potenciais de P&D
- Especificar quais recursos são requeridos
- Estimar os benefícios de implementar cada projeto

O equilíbrio entre projetos é expresso em termos de dois conjuntos de metas de investimento:

- Metas de intenção estratégica – manutenção de um nível de investimento em P&D em cada uma das estratégias-chave
- Metas Exploratórias ou voltadas ao cliente – equilíbrio entre projetos com clientes específicos e entregáveis predefinidos e projetos com maior duração, risco e clientes ainda não definidos

A seleção de projetos é restrita pela disponibilidade de recursos, equilíbrio entre metas e relacionamentos de precedência. No modelo exposto, projetos são assumidos como completamente implementados ou não implementados, o que leva a uma formulação de programação inteira mista.

Desta maneira, o modelo busca maximizar a função objetivo Benefício Líquido total esperado, sujeito a diversas restrições:

- Limite do orçamento de P&D
- Limite em despesas adicionais
- Necessidade de investimento total do orçamento de P&D
- Restrição de recursos humanos
- Limite de força de trabalho adicional
- Equilíbrio de Metas voltadas ao Cliente
- Atingimento de Metas de Intenção Estratégica
- Restrições de Precedência
- Intervalo das Variáveis de Decisão (seleção de cada projeto para investimento, adição de força de trabalho, despesas adicionais em determinada categoria de investimento)

O modelo é implementado numa planilha de *Microsoft Excel*, permitindo desenvolvimento flexível com pouca codificação especializada. Os autores mostram uma possível solução manual heurística, para posteriormente mostrar como o modelo poderia melhorar a solução encontrada até a solução ótima.

O VPL do projeto é calculado de maneira normal, com a aplicação da taxa de desconto ao longo do tempo de conclusão do projeto. A implementação parcial do projeto, conforme proposto, tem como impacto no valor do projeto:

- Adiamento da conclusão e portanto, dos benefícios obtidos pelo projeto
- Redução da vida comercial do projeto
- Perda de prazos regulatórios, causando redução do benefício obtido
- Redução da probabilidade de sucesso (tanto técnico como comercial)

Os autores apontam, ainda, as possíveis dificuldades na estimativa de valor de projetos de P&D, e o problema de subestimar o valor de projetos com grandes benefícios potenciais, mas alta incerteza em sua probabilidade de sucesso. Entre as dificuldades das metodologias

rigorosas baseadas em métodos matemáticos, estão a especificação das probabilidades de sucesso ou volatilidade do valor futuro de um projeto, frequentemente difíceis de se estimar.

Os autores realizam também um teste do modelo, adicionando margens de erros nos cálculos de VPL dos projetos do portfólio, concluindo que, mesmo com altos erros percentuais, o portfólio se mantém próximo da solução ótima sem a consideração dos erros, o que mostra robustez do modelo nesta dimensão.

Em resumo, o modelo retrata os diversos *trade-offs* necessários na gestão de portfólio de projetos de P&D, devido às várias restrições conflitantes em cada situação. O modelo de programação inteira mista é uma ferramenta de suporte à decisão, que auxilia a gestão da empresa a atingir seus objetivos, obedecendo suas restrições.

Uma possível limitação do modelo é a dependência de dados precisos para valoração dos projetos, e a falta de aplicação de opções reais e demais técnicas de portfólio.

2.2.4. Método de Opções Reais

2.2.4.1. Introdução às Opções Reais

De acordo com Dixit e Pindyck (1994) e Rigolon (1999), irreversibilidade, incerteza e possibilidade de adiamento são três características importantes das decisões de investimento. Na prática, as decisões dos investidores levam em conta cada uma delas e suas interações. Como a abordagem de opções é uma tentativa de modelar teoricamente as decisões dos investidores, o seu melhor entendimento requer, antes de tudo, uma análise mais cuidadosa dessas características.

Tais características, segundo Dixit e Pindyck (1994) e Rigolon (1999), podem ser sintetizadas na seguinte analogia entre a oportunidade de investimento e a opção financeira: uma empresa com uma oportunidade de investimento irreversível carrega uma opção de investir no futuro (ou de esperar), com o direito, mas não a obrigação de comprar um ativo (o projeto) no futuro, a um preço de exercício. Quando a empresa investe, exerce a opção e paga um custo de oportunidade igual ao seu valor; o exercício (o investimento) é irreversível, mas a empresa sempre tem a possibilidade de preservar o valor de sua opção (adiar o investimento) até que as condições de mercados e tornem mais favoráveis.

2.2.4.2. Modelo de valoração de P&D com estudo de incentivos à pesquisa no desenvolvimento de vacinas (HSU, SCHWARTZ, 2008)

Neste modelo, verifica-se novamente a aplicação de um modelo de valoração de P&D a um caso da indústria farmacêutica, uma tendência possivelmente explicada característica de uso intensivo de P&D nesta indústria.

O modelo utiliza opções reais, e leva em conta a incerteza na qualidade ou eficácia do resultado de pesquisas de vacinas, tal como a incerteza do tempo de conclusão e demanda do mercado. O modelo é aplicado para estudo do problema da falta de investimento farmacêutico em P&D em vacinas, para o tratamento de doenças que afetam as regiões subdesenvolvidas

do mundo. A eficiência de diferentes tipos de incentivos nos contratos de pesquisa são examinados pelo modelo, em relação a cinco dimensões:

- Custo esperado incorrido ao patrocinador do projeto
- Probabilidade de sucesso de desenvolvimento
- Benefício do consumidor gerado
- Número esperado de vacinas bem-sucedidas
- Custo esperado por pessoa vacinada com sucesso

Os autores concluem que, de maneira geral, planos de comprometimento de compra das vacinas (chamados de subsídios puxados) são mais eficientes do que planos de subsídio de custo (subsídios empurrados), e que um plano híbrido combinando as duas abordagens tem a maior eficiência.

Hsu e Schwartz (2008) mostram, então, um modelo para valoração de projetos gerais de pesquisa e desenvolvimento, o que mostra uma possível aplicação para outros casos fora da indústria farmacêutica, dadas necessárias modificações.

Hsu e Schwartz (2008) consideram no modelo uma empresa com um ou múltiplos projetos e oportunidades de P&D no portfólio, com a hipótese de independência entre as valorações de cada um. Antes de se envolver no projeto, a empresa avalia a qualidade esperada do resultado final da P&D, assim como a receita associada à comercialização, custos incorridos à P&D e produção e decisão final sobre o envolvimento no projeto. Tal decisão tem complexidade adicionada pela opção de abandonar o projeto em algum estágio do desenvolvimento, o que caracteriza o problema de opções reais.

Em cada estágio de desenvolvimento, as expectativas de tempo de conclusão, qualidade do produto e projeções de receitas são revisadas, com base no maior conhecimento da empresa sobre seu projeto. A opção de abandonar o projeto pode ser exercida no momento em que tais expectativas indicam baixa probabilidade de se obter lucros.

Hsu e Schwartz (2008) dividem o desenvolvimento do projeto em três principais fases:

- Fase I da P&D, com uma taxa de investimento de P&D
- Fase II da P&D, com outra taxa de investimento de P&D
- Fase III – Produção em escala, vendas e Marketing

Há portanto, três pontos principais de decisão:

1) Decisão de investimento baseado nos custos esperados de P&D nas fases I e II e no lucro projetado da comercialização
2) Decisão de continuar a P&D baseado nas novas expectativas de custo da fase II e no lucro projetado da comercialização
3) Decisão de comercializar o produto baseado na nova projeção de lucro

A modelagem matemática considera também a possibilidade de ocorrência de eventos catastróficos, que possam forçar o encerramento do projeto, como processos de Poisson. A taxa de desconto é assumida constante.

Os autores então comparam diferentes incentivos à pesquisa de P&D farmacêutica, os incentivos puxados e empurrados, como explicados anteriormente. O incentivo empurrado reduz o custo da P&D ao desenvolvedor do projeto, e pode tomar a forma de reembolso de despesas ou subsídio por compartilhamento de custos, onde o patrocinador paga uma fração do custo total de P&D. O incentivo puxado auxilia a pesquisa aumentando a receita gerada pelo desenvolvimento da vacina, e pode ser feito com comprometimentos de preços de venda e quantidades predefinidos para compra do patrocinador, ou extensões especiais de patente. A análise do programa empurrado é limitada ao plano de compartilhamento de custos, e para o programa puxado é considerado separadamente o plano de extensão da patente e o plano de comprometimento de compras.

O artigo mostra uma análise completa dos diversos tipos de incentivo, e suas combinações no programa híbrido, e chega a conclusão final de que o programa híbrido com combinação de alto compartilhamento de custos e comprometimento de compra chega a um valor menor de custo por pessoa vacinada com sucesso, o que é uma métrica crucial ao sucesso dos programas de vacinas.

Em resumo, o modelo mostra a eficiência de programas de subsídio de custo, para o incentivo a atividades de P&D e aumento da probabilidade de desenvolvimento de vacinas, mas a sua dificuldade para garantir a quantidade necessária de vacinas. Neste sentido, o programa de subsídio de preços é mais relevante para garantir as quantidades necessárias, o que leva à necessidade de um programa híbrido.

Uma limitação do modelo é sua aplicabilidade a situações com disponibilidade de dados e conhecimento das relações entre ações gerenciais (no exemplo, subsídios de custos e contratos) e parâmetros dos projetos, como retornos e custos, o que nem sempre pode ser de conhecimento da empresa a aplicar o modelo.

2.2.4.3. Modelo baseado em Critérios Múltiplos *Fuzzy* para Valoração de P&D e Abordagem *Fuzzy* da Árvore de Decisão Trinomial para Opções Reais (TOLGA, KAHRAMAN, 2008)

Este modelo combina uma análise baseada em múltiplos critérios, com a abordagem de opções reais e programação *fuzzy*, que também será mostrada na próxima seção. Tolga e Kahraman (2008) ressaltam a natureza multidimensional dos retornos de projetos de P&D, o que torna necessário esta consideração no modelo. A abordagem de opções reais, por sua vez, busca tratar dos riscos envolvidos, e a programação *fuzzy* trata da incerteza e imprecisão envolvidas no processo de avaliação do portfólio. Adicionalmente, os autores aplicam o método AHP (Processo Analítico de Hierarquia), que considera ambos critérios financeiros e não financeiros. Verifica-se assim, portanto, motivos semelhantes entre os modelos na literatura, quanto à utilização das ferramentas de valoração.

Segundo Liberatore (1987), os critérios para avaliação de projetos industriais de P&D são divididos em quatro tipos (e nove subcritérios):

- Manufatura
- Técnicos
- Marketing
- Financeiros

Kuei et al. (1994) utilizam sete critérios:

- Competição por qualidade
- Ajuste à complexidade
- Ajuste para variedade
- Gestão da incerteza
- Habilidade de extensão da distribuição e cadeia de suprimentos
- Gestão do tempo
- Gestão da Informação

Brenner (1994) estruturou cinco principais critérios (e catorze subcritérios):

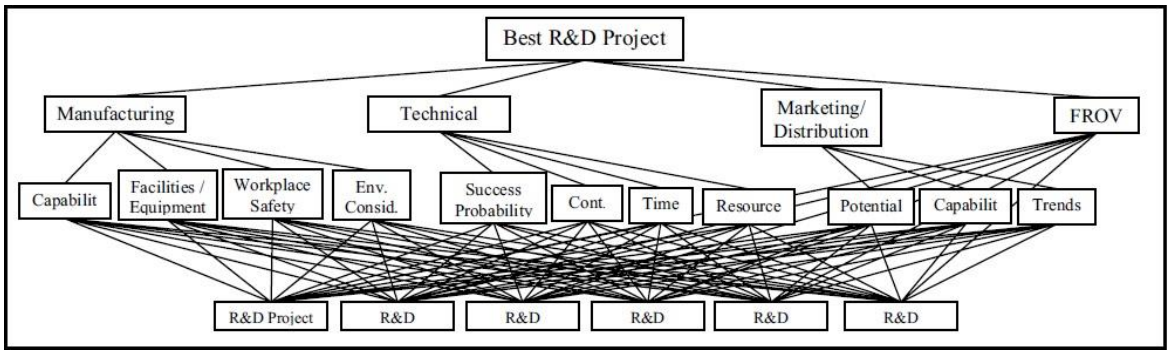
- Estratégico

- Cliente/ Marketing
- Produto
- Empresa
- Competidores

Chen et al. (2006) usa os critérios (e dez subcritérios):

- Empresa e mercado
- Capacidade de manufatura
- Tecnologia e engenharia

Figura 6 - Visão Geral do método AHP aplicado aos critérios de Liberatore (1987)



Fonte: Adaptado de Tolga e Kahraman (2008)

A Figura 6 mostra a estrutura geral do método AHP, considerando cada projeto de P&D. O método de programação *fuzzy* com uso do método AHP mostrado neste modelo é baseado no método de Buckley (1985).

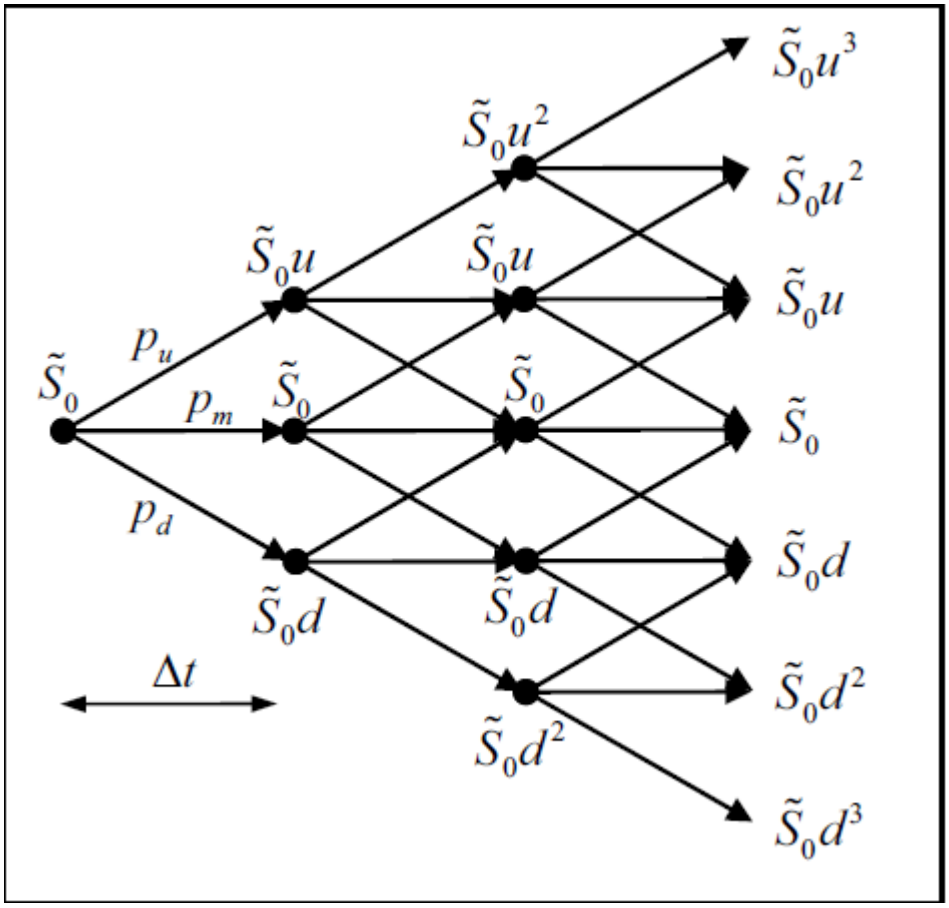
O modelo baseado em opções reais e árvore de decisão trinomial é justificado pelos autores pela natureza do investimento de capital em projetos de P&D, similar à compra de uma opção num futuro investimento, de modo que, periodicamente, é tomada a decisão de investir, esperar ou encerrar o projeto, o que forma uma árvore de decisão. A árvore de decisão foi desenvolvida por Cox et al. (1979); entretanto a árvore trinomial, mais complexa, provém aproximações melhores para o modelo temporal. O modelo trinomial deste artigo é baseado em Clewlow e Strickland (1998).

O modelo então considera as probabilidades de se mover para cima, meio ou baixo na árvore trinomial, dados intervalos de tempo. O modelo considera também a incerteza dos fluxos de caixa esperados, valor perdido durante a validade da opção e incerteza de dados considerado pela programação *fuzzy*.

A Figura 7 a seguir mostra a visão geral da árvore trinomial. Para fins de ilustração, no esquema, p são as probabilidades, com índices de *up (u), middle (m) e down (d)* (cima, meio e baixo) indicando probabilidades para cada ramo da árvore. S0, por sua vez, é o valor presente esperado dos fluxos de caixa.

O modelo tem como saída o benefício global calculado de cada projeto, de modo a ranquear os projetos por meio do ordenamento dos números *fuzzy* obtidos. Desta maneira, este é outro modelo de suporte à decisão para a comparação e avaliação de projetos de P&D.

Figura 7 - Árvore Trinomial



Fonte: Adaptado de Tolga e Kahraman (2008)

Uma limitação do modelo é a dificuldade da escolha de critérios de avaliação para o AHP, que pode ser complexa e não considerar os critérios mais adequados a situação, devido à indisponibilidade de informações.

2.2.4.4. Modelo para Gestão de Projetos sob ação de riscos, com uso de Opções Reais para Avaliação da Flexibilidade em P&D (HUCHZERMEIER, LOCH, 2001)

Segundo Huchzermeier e Loch (2001), a flexibilidade de ações por parte da gestão agrega valor no contexto de incerteza na gestão de projetos de P&D, devido à capacidade de coleta de informações sobre características incertas de mercado e projeto, de tal forma que o plano de ação possa ser mudado. Este valor é denominado como "valor das opções reais".

Trigeorgis (1997) identificou cinco fontes básicas de flexibilidade na gestão de projetos:

- Adiamento – esperar a disponibilidade de mais informações antes de realizar o investimento
- Abandono – fazer o investimento em partes, tomando a decisão em cada estágio para continuar ou parar o investimento
- Expansão– aumento da escala do investimento, dependendo das condições de mercado
- Contração – diminuição da escala do investimento, dependendo das condições de mercado
- Mudança – alteração do modo de operação de um ativo, dependendo dos preços dos fatores (ex. preço da energia, matéria prima, etc)

Segundo Dixit e Pindyck (1994), o aumento da incerteza nos retornos do investimento aumenta o valor da flexibilidade gerencial, ou o valor das opções reais.

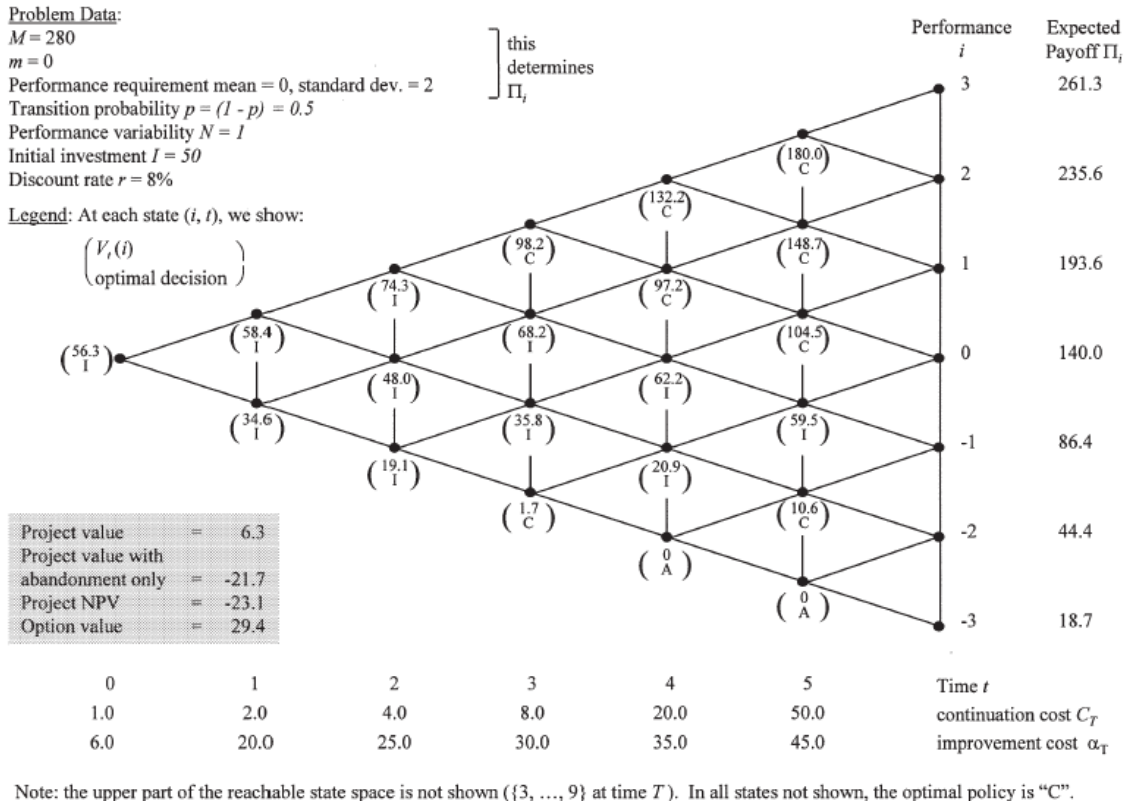
Huchzermeier e Loch (2001) examinam cinco exemplos de tipos de incerteza no projeto de P&D:

- Retornos de mercado – dependendo de fatores incontroláveis como movimentos de competidores, produtos substitutos, etc, sendo portanto um componente aleatório
- Orçamentos de projeto – refere-se à imprevisibilidade dos custos de desenvolvimento do projeto
- Performance do produto – incerteza sobre a performance do produto em desenvolvimento
- Requisitos de mercado- incerteza sobre metas de performance a serem atingidas para atendimento ao mercado

- Cronograma do projeto – incerteza sobre conclusão do projeto, reduzindo possíveis retornos financeiros
- O modelo busca examinar quais destas incertezas agregam valor à flexibilidade da gestão de projetos, de modo a fornecer suporte à tomada de decisão sobre situações em que se deve atrasar ou adiantar comprometimentos de capital. Programação dinâmica é utilizada para modelar o investimento em P&D.
- A incerteza de performance é tratada como variabilidade numa distribuição probabilística. Valores de probabilidades de sucesso técnico no lançamento do produto são tomadas como premissas, e, em cada período t, a gestão da empresa pode tomar três possíveis ações: abandonar, continuar ou melhorar o projeto.
- As duas primeiras ações são conhecidas na teoria de opções reais, sendo que o abandono consiste no término imediato do projeto, cortando quaisquer outros custos e futuras receitas; a continuação procede ao próximo estágio (t+1) a um custo c(t). A melhoria do projeto consiste na tomada de ações corretivas e injeção de recursos adicionais, melhorando a performance do projeto. Tal melhoria incorre em um custo de melhoria inerente, o que leva à necessidade de análise de custo-benefício sobre esta melhoria, e também adiciona desafios à execução do projeto.

O modelo opera com uma árvore de decisão, calculando o retorno esperado em cada possibilidade, conforme a Figura 8:

Figura 8 - Visão Geral do Modelo de Huchzermeier e Loch (2001)



Note: the upper part of the reachable state space is not shown ({3, …, 9} at time T). In all states not shown, the optimal policy is "C".

Fonte: Adaptado de Huchzermeier e Loch (2001)

Huchzermeier e Loch (2001) então mostram um estudo do modelo em relação aos cinco tipos de incerteza, de modo a verificar como cada tipo influi no valor da flexibilidade gerencial. Por meio de operações matemáticas, conclui-se que:

- Um aumento na variabilidade dos retornos de mercado aumenta o valor da flexibilidade gerencial
- Um aumento da variabilidade do orçamento do projeto aumenta o valor da flexibilidade gerencial
- Um aumento na variabilidade da performance do produto do projeto diminui o valor da flexibilidade gerencial
- Um aumento na variabilidade dos requisitos de mercado reduz o valor da flexibilidade gerencial
- Um aumento na variabilidade do cronograma do projeto pode reduzir o valor da flexibilidade gerencial (se a função de retorno tiver uma forma convexa) ou aumentar o valor da flexibilidade gerencial (se a função de retorno tiver uma forma côncava).

Portanto, o modelo demonstra que a intuição padrão sobre opções reais, relacionada ao aumento do valor da flexibilidade gerencial frente às variabilidades do projeto, nem sempre é aplicável, dependendo portanto do tipo de variabilidade enfrentada pelo projeto.

Segundo Hassanzadeh et al. (2012), uma limitação de métodos de opções reais é o uso da hipótese de receitas seguindo uma distribuição Browniana, que dificilmente se verifica em situações reais, o que dificulta a aplicabilidade destes modelos.

2.2.4.5. Modelo de Opções Reais para Valoração de Investimentos de P&D de Novos Produtos com foco em Incertezas Chave (WOUTERS, ROORDA, GAL, 2009)

O modelo, baseado no uso de planilhas, utiliza opções reais para valorar projetos de desenvolvimento de novos produtos em estágios iniciais. Segundo os autores, dificuldades como incertezas sobre tecnologia e mercado, e impossibilidade de conhecimento sobre a ordem em que incertezas e decisões serão feitas previamente tornam inviável o uso de árvores de decisão, devido ao grande número de ramos e variações que deveriam ser considerados. O modelo também considera interdependência entre os projetos, o que, segundo os autores, também dificulta o uso de modelos de valoração convencionais.

Segundo Wouters, Roorda e Gal (2009), um projeto é caracterizado por um conjunto de cenários, onde cada um descreve um conjunto de incertezas a serem resolvidas para viabilizar um processo produtivo, com um certo valor esperado. Desta maneira, quatro níveis são considerados na modelagem: incertezas, cenários, projetos e portfólios. As interações entre cenários e projetos são modeladas por meio de incertezas comuns entre eles.

O modelo calcula as probabilidades de sucesso de resolução de cada incerteza, dividindo-as entre incertezas gerenciadas e não gerenciadas dentro do portfólio. Cada cenário então tem um valor de retorno esperado, que multiplicado ponderadamente pelas probabilidades de sucesso, resulta no valor da opção do projeto.

Desta maneira, o valor do portfólio será a soma dos valores de cada projeto que o compõe. Os autores ressaltam, ainda, que as decisões sobre quais incertezas devem ser solucionadas podem ser tarefas delicadas e complicadas, e estas decisões devem ser revisadas regularmente, em caso de dificuldade de solução ou mudança nas circunstâncias de mercado. Estas decisões determinam que projetos serão iniciados, continuados ou encerrados.

O modelo permite também a alocação de valores dentro de um projeto entre as incertezas a serem solucionadas, verificando o valor agregado pela solução e perdido pela não solução das mesmas. De maneira análoga, a alocação de valores entre projetos dentro de um portfólio também pode ser feita.

Desta maneira, ressalta-se neste modelo o importante foco na avaliação das incertezas de um projeto, característica de projetos de P&D, e na formulação matemática da alocação de valores em diversos níveis diferentes. Uma possível limitação é a escolha das incertezas a serem consideradas, que pode ser complexa, ou ainda, tais incertezas podem ser desconhecidas pela gestão da empresa.

2.2.4.6. Modelo de Valoração de Oportunidades de Investimento em P&D com Ameaça de Entrada de Competidores na Análise de Opções Reais (VILLANI, 2013)

Este modelo utiliza metodologia de opções reais para valorar oportunidades de P&D com possíveis entradas de competidores, e para isto, considera que a empresa pioneira pode vir a perder seus "dividendos competitivos", caso não exerça sua opção real. De acordo com Trigeorgis (1996), estes dividendos referem-se aos fluxos de caixa que podem ser perdidos por entrada de competidores.

De acordo com Villani (2013), abordagens de valoração tradicionais como uso da TIR (Taxa Interna de Retorno) e VPL (Valor Presente Líquido) não podem capturar adequadamente o valor de um projeto de investimento, pois tomam um ponto de vista passivo por parte dos tomadores de decisão, que não respondem de maneira dinâmica ao ambiente de investimentos em constante mudança. Esta deficiência aumenta a importância do uso de opções reais para permitir flexibilidade gerencial nas decisões.

Sob a ameaça de competição, o exercício de opções reais depende estrategicamente do *trade-off* entre custos e benefícios de continuar um investimento, em relação a esperar por mais informações. O objetivo do modelo é propor uma abordagem de opções reais para a valoração de oportunidades pioneiras de investimento em P&D, e a análise do momento ótimo em que se deve arcar com custos de desenvolvimento, assumindo que rivais potenciais possam entrar no mercado.

O estudo da decisão de investimento com competidores potenciais ocorre da seguinte forma: caso o investimento seja feito num instante anterior (no artigo, t2), o projeto de P&D dos competidores ainda não está concluído, o que permite uma vantagem competitiva ao pioneiro. Caso o investimento seja feito posteriormente (no artigo, no intervalo de tempo t3), outros rivais podem entrar, o que aumenta custos de oportunidade.

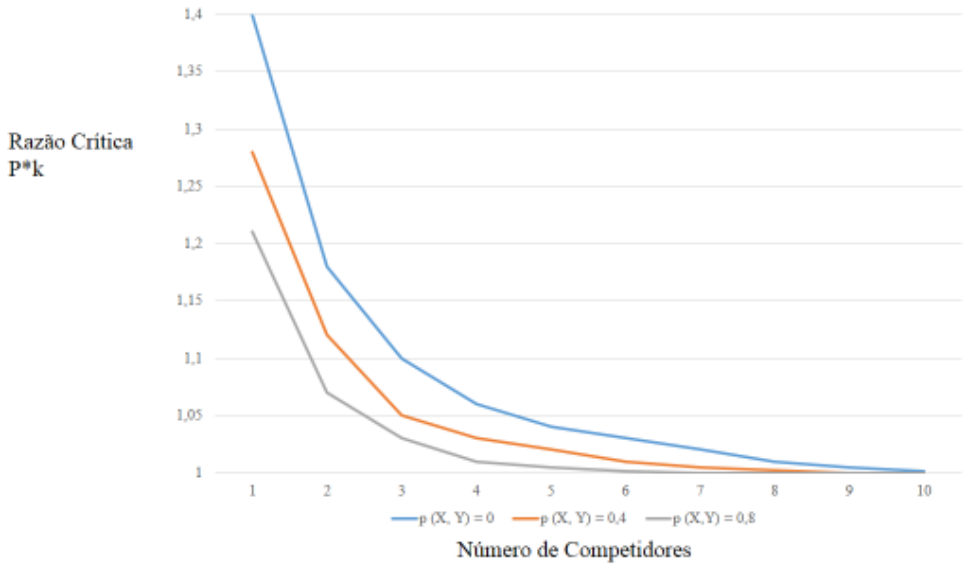
O modelo utiliza a hipótese de revelação de informações, que se trata na revelação de informações provocada pelo investimento em P&D da empresa pioneira, o que influi na decisão de investimento de outras empresas. Simulação de Monte Carlo é utilizada para modelar o valor das opções em cada caso.

O artigo demonstra a formulação matemática para cada caso, com a entrada de um, dois ou múltiplos competidores, seguido de uma aplicação real com valores de entrada predefinidos.

O valor bruto do projeto é o valor presente dos fluxos de caixa descontados do projeto; o investimento de desenvolvimento do projeto tem como premissa seguir uma distribuição geométrica Browniana. O modelo considera dois estágios num plano de P&D, com dois investimentos: investimento em Pesquisa feito num instante inicial, que em caso de sucesso permite a oportunidade de investimento e investimento em Tecnologia, que permite a pesquisa de inovações. Os valores de investimentos pioneiros de P&D são determinados com auxílio do uso do software *Matlab*.

A Figura 9 mostra um gráfico da Razão Crítica P*k (*Critical Ratio*) em relação ao número de competidores k. A variável p refere-se, no artigo, ao grau de revelação de informação provocado pelo investimento pioneiro, conforme explicado anteriormente, e a razão crítica refere-se ao valor da razão P = V/D, sendo V o valor do projeto e D o investimento necessário, que torna indiferente o investimento ou não no intervalo de decisão (no artigo, intervalo t2). Pode-se observar que, para um número maior de competidores, o valor da razão diminui, o que é consistente com a premissa de que os retornos do projeto à empresa podem ser reduzidos com a entrada de mais concorrentes, e que a empresa pode ser forçada a antecipar seu investimento devido ao risco de entrada de novos rivais para não perder sua vantagem pioneira.

Figura 9 - Análise do número de competidores potenciais



Fonte: Adaptado de Villani (2013)

O artigo se encerra com uma análise de sensibilidade, que mostra que a razão crítica entre valor e investimento (vide acima) diminui para maiores valores de revelação de informações, número de competidores potenciais e dividendos competitivos. O modelo, portanto, faz uma análise matemática altamente relevante à gestão de portfólio de projetos de P&D, dada a alta competitividade em certos setores da indústria.

Uma limitação do modelo é a dificuldade de se estimar a probabilidade de sucesso da P&D da empresa e de competidores, assim como a chance de que novos competidores entrem no mercado, uma estimativa que depende de diversas informações nem sempre disponíveis. Adicionalmente, o modelo depende da hipótese de distribuição Browniana, uma hipótese de difícil aplicação em situações reais, segundo Hassanzadeh (2012).

2.2.4.7. Valoração de Projetos de P&D Ajustada pelo Risco (BOER, 2003)

Boer (2003) propõe uma abordagem integrada de tomada de decisão, análise de risco, opções reais e metodologia *Stage-Gate*, para a gestão de portfólio de projetos de P&D. A abordagem consiste na integração de três ferramentas analíticas: Fluxo de Caixa Descontado, Árvores de Decisão e Opções Reais.

O autor justifica tal abordagem pela vantagem do conhecimento geral existente sobre o método de fluxo de caixa descontado, que, entretanto, possui a desvantagem de subestimar o valor de projetos de P&D e outros ativos intangíveis; a árvore de decisão captura o valor substancial da opção de abandonar o projeto, quantificando o risco único (*unique risk*), e as opções reais capturam o valor da gestão do risco de mercado. A abordagem é mais adequada à situações de alto risco, exposição a mercados voláteis, longos horizontes de tempo e custos de desenvolvimento crescentes.

Segundo Boer (2003), o primeiro passo da abordagem é a formulação do problema, que exige diálogo entre o gestor do portfólio e *experts* de diferentes áreas, como *Marketing*, Economia, P&D, entre outras. As principais questões e hipóteses devem ser identificadas e analisadas. A abordagem requer três valores de entrada financeiros, que são: Taxa de Juros livre de Riscos (*risk-free interest rate*), Custo de Capital e Volatilidade a ser utilizada nos cálculos de opções reais.

Sobre o plano de negócios do projeto, são necessários os valores do seu Valor Presente Líquido e Investimento Inicial, valores de grande importância a um cálculo exato. Os valores de entrada necessários em relação a P&D são: custo estimado de cada estágio de desenvolvimento (após impostos e taxas), duração de cada estágio e probabilidade de sucesso de avanço ao próximo *stage-gate*.

Um processo de vários estágios pode envolver um estágio Conceitual, um estágio de Viabilidade, um estágio de Desenvolvimento e um estágio de Comercialização. Para estimação de todos os valores de entrada, Boer (2003) sugere um processo de determinação dos objetivos de cada estágio, incluindo uma demonstração da tecnologia em sua escala apropriada, e todas as informações técnicas necessárias para o início do próximo estágio; a

probabilidade de sucesso envolve maiores dificuldades devido à simplificação de situações complexas.

O autor sugere o uso de *software* integrado para automatizar este complexo processo, tornando-o mais transparente. A Figura 10 mostra a saída do modelo integrado de valoração. Pode-se observar os valores de entrada de cada tipo (plano de negócios, financeiro, P&D), que resultam nos valores do projeto após cada estágio, de acordo com a abordagem *Stage-Gate*.

As hipóteses do plano de negócios estão mostradas na parte de cima da saída do modelo, com a previsão de vendas, investimento de capital e custos estimados. O valor terminal na parte esquerda inferior mostra o valor mínimo do projeto em caso de liquidação. Após o cálculo do VPL e do Investimento Inicial, se inicia a valoração ajustada pelo risco. O modelo calcula o valor adicionado pelo uso de opções reais e da árvore de decisão, e após cada mudança de *stage-gate*. Adicionalmente, simulação de Monte Carlo pode ser utilizada para aplicar o modelo a partir de uma distribuição de valores de entrada, em caso de alta variabilidade dos valores.

Figura 10 - Saída do Modelo Integrado de Valoração de Projetos de P&D

Business and Financial Inputs			
Sales Forecast		*Price and Cost Information*	
Units Sold Yr 1 (millions)	12	Sales Price/unit	$1.00
Units Sold Yr 5	48	Variable Cost/unit	$0.50
Units Sold Yr 10	100	Manufacturing Overhead/unit	$0.08
Long- Term Growth Rate	5.00%	Selling, Admin and R&D Expense	10.00%
Capital Investment			
Initial Annual Capacity (M units)	48	*Financial Parameters*	
Initial Fixed Capital/unit	$0.70	EBITDA Multiplier	7
Incremental Fixed Capital/unit	$0.50	Price-to-Earnings Ratio	12.5
Asset Life (yrs)	10	Risk-Free Rate	5.00%
Working Capital		Volatility	30.00%
Days Inventory	30	Tax Rate	35.00%
Days Receivables	36	Cost of Capital	12.00%
Days Payables	16		

R&D Inputs			
Duration Stage 1 (yrs)	2	Duration Stage 3 (yrs)	2
Cost Stage 1($M)	$0.75	Cost Stage 3 (M)	$3.00
Probability of Success Stage 1	33.33%	Probability of Success Stage 3	75.00%
Duration Stage 2 (yrs)	2	Duration Stage 4 (yrs)	2
Cost Stage 2 ($M)	$1.50	Cost Stage 4 ($M)	$6.00
Probability of Success Stage 2	50.00%	Probability of Success Stage 4	83.33%
(Cumulative R&D Cost $M)	$11.25	(Cumulative Probability of Success)	10.42%

Pro Forma Business Plan Outputs ($M)		Decision Tree(DT) and Real Options(RO) Outputs	
Initial Investment	$35.27	Current Project Value as Rifle Shot	($2.39)
		Current Project Value by DT	$1.86
Net Present Value (NPV)		Current Project Value by DTRO	$1.90
Horizon Assumption	NPV	Value Added by DT	$4.26
Terminal Value = Working Capital	$25.54	Value Added by RO	$0.04
Terminal Value = Book Value	$29.33		
Terminal Value by EBITDA Ratio	$84.14	Value Progression ($M)	
Terminal Value by Price-to-Earnings Method	$87.83	Current Value	$1.90
Terminal Value by Free Cash Flow Growth Method	$91.07	Value after Stage 1	$8.62
		Value after Stage 2	$18.84
		Value after Stage 3	$27.68
Internal rate of return	33.91%	Value after Stage 4	$91.07

Fonte: Adaptado de Boer (2003)

Finalmente, o modelo apresenta uma interface amigável para o usuário, e fornece suporte à tomada de decisão na priorização de projetos, para identificação de projetos de maior e menor valor.

Uma limitação do modelo é a dificuldade na estimação das probabilidades de sucesso de cada estágio, um valor que pode ter cálculo complexo ou impreciso. Além disto, Boer (2003) já destaca no artigo a dependência de um plano de negócios preciso, com um modelo de projeção de receitas, custos e capitais preciso.

2.2.5. Método de Programação Linear *Fuzzy*

2.2.5.1. Introdução à Programação Linear *Fuzzy*

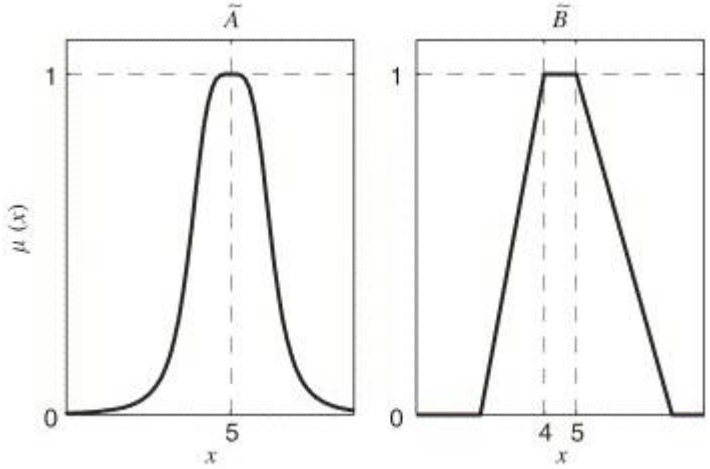
Esta seção buscará introduzir conceitos relevantes ao entendimento da programação linear com números *fuzzy*, baseados em Zimmermann (1996). De acordo com Zimmermann (1996), a maioria das ferramentas tradicionais para modelagem, raciocínio e computação formal são números *crisp*, determinísticos e precisos. Números *crisp* são dicotômicos, ou seja, de tipo sim-ou-não, ao invés de mais-ou-menos.

Zimmermann (1996) define *fuzziness* como a imprecisão relacionada à descrição do significado semântico dos eventos, fenômenos ou afirmações; *fuzziness* pode ser encontrada em diversas áreas da vida cotidiana.

De acordo com Zadeh (1965), a metodologia de uso de números *fuzzy* permite lidar com problemas cuja fonte de imprecisão é a ausência de critérios rigorosamente definidos de classe, ao invés da presença de variáveis randômicas. A imprecisão tratada se refere ao caráter vago, ao invés da falta de conhecimento sobre um parâmetro (como utilizado na análise de tolerâncias). Segundo Zimmermann (1996), a generalidade desta linguagem de modelagem permite lidar com incertezas em diversa situações da vida real.

De acordo com Zimmermann (1996), um conjunto de números *fuzzy* é denotado por um conjunto de pares ordenados, onde o primeiro elemento do par denota o elemento, e o segundo elemento denota o grau de pertinência. De acordo com Negoita e Ralescu (1975), um conjunto *fuzzy* é representado somente pela determinação de sua função de pertinência (*membership function*). A Figura 11 mostra exemplos de um conjunto *fuzzy*.

Figura 11 - Exemplo de gráfico de um conjunto fuzzy



Fonte: Adaptado de Zimmermann (1996)

Lógica *fuzzy*, de acordo com Zadeh (1973), é uma extensão da lógica baseada em conjuntos com múltiplos valores, na qual os valores verdadeiros são variáveis linguísticas (ou termos da variável linguística verdadeira).

Os métodos mostrados nas próximas seções servem de suporte à tomada de decisão na valoração de projetos de P&D; neste sentido, segundo Zimmermann (1996), uma decisão pode ser caracterizada por um conjunto de alternativas de decisão (espaço de decisão), ou conjunto de estados de natureza (o espaço de estados), uma relação conectando uma decisão e um estado a um resultado, e finalmente, uma função objetivo que ordena resultados de acordo com sua desejabilidade. A tomada de decisão num ambiente *fuzzy* pode ser vista como a intersecção de restrições e funções objetivo *fuzzy*.

Em modelos de programação linear *fuzzy*, segundo Zimmermann (1996), a função objetivo pode não ser definida em um número *crisp*, mas apenas de maneira vaga como por exemplo "melhorar a situação presente de custos de maneira considerável". Sinais matemáticos em suas restrições podem não ser interpretados em seu sentido matemático estrito, dado que pequenas violações podem ser aceitáveis. Adicionalmente, o papel das restrições pode ser diferente da programação linear clássica, dado que o tomador de decisão pode aceitar pequenas violações de variáveis, ou atribuir diferentes graus de importância a violações de diferentes restrições. Zimmermann (1996) faz uma discussão dos diversos métodos existentes para permissão destas imprecisões nos modelos de programação. Para a programação dinâmica com uso de lógica *fuzzy*, é sugerida a abordagem de Bellman e Zadeh (1970).

Para a análise de múltiplos critérios, Zimmermann (1996) cita duas principais áreas: Tomada de Decisão de Múltiplos Objetivos (MODM), recomendando a referência de Hwang e Yoon (1981) e Tomada de Decisão de Múltiplos Atributos (MADM), recomendando a referência de Hwang e Masud (1979). Zimmermann (1996) mostra a aplicação de teoria *fuzzy* à análise de múltiplos critérios.

Finalmente, para uma demonstração completa da teoria de conjuntos *fuzzy* e suas aplicações, tal como diversos modelos de pesquisa operacional com números *fuzzy* aplicáveis a situações reais, recomenda-se a leitura completa de Zimmermann (1996). Para conteúdo teórico de programação linear com lógica *fuzzy*, recomenda-se a leitura de Vasant e Kale (2008).

2.2.5.2. Abordagem *fuzzy* para seleção de projetos de P&D em um portfólio (CARLSSON et al., 2006)

A abordagem *fuzzy* é utilizada para lidar com a imprecisão não-estatística encontrada na estimação de fluxos de caixa futuros, um problema constante na valoração de P&D. Os autores propõem uma metodologia para valoração de opções em projetos de P&D baseada na estimação de fluxos de caixa futuros com números trapezoidais *fuzzy*, por meio da aplicação de um modelo de programação inteira mista *fuzzy* para otimizar a seleção de projetos num portfólio.

Segundo Carlsson et al. (2006), inovações são imprevisíveis, envolvendo grandes incertezas, e muitas informações requeridas para a valoração destes projetos de P&D são reveladas apenas de maneira gradual ao longo do desenvolvimento do projeto. Opções são chamadas opções reais quando estas são conhecidas pela gestão, ou seja, quando ativos reais e o seu possível uso futuro estão conectados com a opção de iniciar projetos de P&D; entretanto, quando estas opções ainda não são conhecidas, são chamadas de opções ocultas (*shadow options*).

Neste sentido, os autores desenvolvem a ferramenta de suporte do Portfólio de Projetos Estendido (XPT), para a detecção de opções ocultas e inclusão das mesmas no processo de decisão dentro do portfólio de P&D. A otimização do portfólio depende da estratégia da empresa, que pode estar voltada a inovações incrementais, radicais ou exploratórias. Desta maneira, além de lidar com o *trade-off* de risco e retorno, a gestão da empresa deve lidar com critérios de retorno, incerteza e encaixe com a estratégia da empresa.

O problema da seleção de projetos é complicado devido à variabilidade da qualidade e das estimativas de fluxo de caixa ao longo do desenvolvimento do projeto de P&D e, para inclusão

das opções ocultas, os atributos de performance de cada projeto devem ser traduzidos em critérios de portfólio, como por exemplo limites de orçamento.

A dificuldade de avaliação da produtividade e lucratividade do projeto de P&D original também é dificultada pela constante adição de serviços de suporte cada vez mais complexos. Outras dificuldades citadas por Carlsson et al. (2006) são: ciclos de vida longos, estimativas de fluxo de caixa excessivamente pessimistas ou otimistas, estimativas de lucratividade questionáveis, avaliações imprecisas de efeitos futuros sobre a empresa e habilidade de gerar investimentos futuros.

Carlsson et al. (2006) sugerem então uma abordagem híbrida à valoração com opções reais, adicionando o uso de programação *fuzzy*. Os números trapezoidais *fuzzy* são utilizados para estimativa de valores que não podem ser caracterizados por um único número, devido à sua incerteza, como os fluxos de caixa esperados, por exemplo. Os números *fuzzy* são representados com seu intervalo mais provável, e seus potenciais superiores e inferiores, mostrando portanto sua distribuição.

O modelo busca então responder a questão sobre o início ou não do projeto, e por quanto tempo adiá-lo até iniciá-lo para utilizar seu potencial e gerar o lucro máximo. O modelo básico consiste na maximização da flexibilidade de adiamento dos projetos, dadas as restrições de orçamento, considerando as decisões de início de cada projeto e o custo de se adiar um projeto.

Figura 12 - Modelo geral de otimização do portfólio com programação mista inteira fuzzy

$$\text{maximize} \quad \mathscr{F} = \sum_{i=1}^{N} u_i \mathscr{F}_i$$

$$\text{subject to} \quad \sum_{i=1}^{N} u_i X_i + \sum_{i=1}^{N} (1 - u_i) c_i \leqslant B,$$

$$u_i \in \{0, 1\}, \quad i = 1, \ldots N,$$

Fonte: Adaptado de Carlsson et al. (2006)

Na Figura 12, temos o modelo geral de otimização, onde N é o número de projetos de P&D, B é o orçamento de investimentos, ui é a variável de decisão associada ao projeto i, que tem valor se um projeto i se inicia agora e zero se ele é adiado; ci é o custo de adiamento do projeto i, e Xi e Fi são respectivamente o custo de investimento e flexibilidade de adiamento probabilística do projeto i.

Desta maneira, o modelo se mostra uma ferramenta de suporte à seleção de projetos, em complemento às ferramentas convencionais, que muitas vezes são inadequadas para situações reais de valoração de P&D.

Uma eventual limitação é a complexidade relativa da programação *fuzzy*, que pode ser de difícil entendimento e aplicação, especialmente para gestores de menor familiaridade com temas matemáticos.

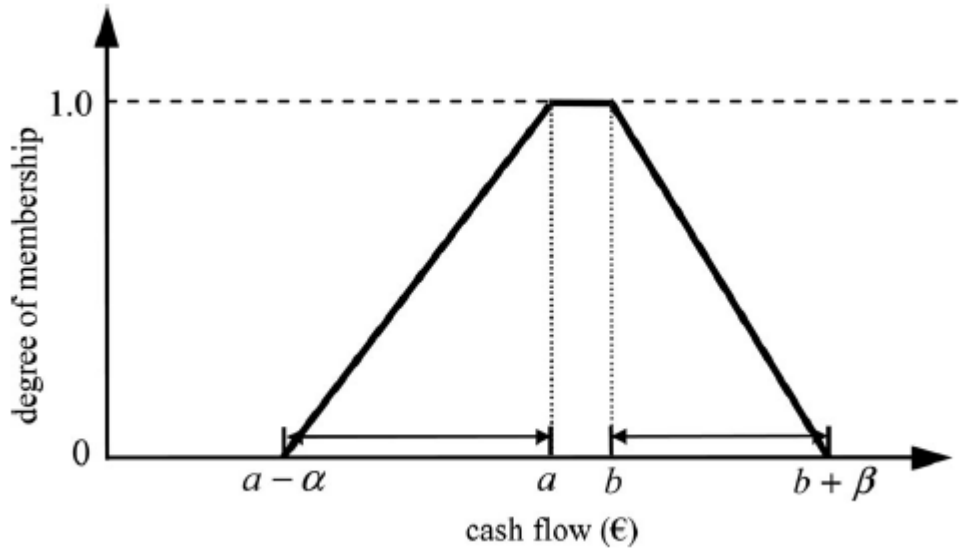
2.2.5.3. Abordagem Prática para a Seleção de Projetos no Portfólio de P&D com uso do Método de Retorno *Fuzzy* (HASSANZADEH et al., 2012)

O modelo utiliza programação *fuzzy* inteira binária para lidar com incerteza de dados de entrada, de modo a otimizar o portfólio de P&D. Além das vantagens já mencionadas no uso de programação *fuzzy* para a valoração de projetos de P&D mencionadas na seção anterior, os autores ressaltam o fato de que modelos baseados em valoração com opções reais se baseiam

na hipótese de receitas seguindo uma distribuição Browniana, que dificilmente se aplica em situações reais.

Hassanzadeh et al. (2012) mostram métodos matemáticos para derivação do valor de uma opção real, partindo do seu valor *fuzzy* do VPL do projeto. A Figura 13 abaixo mostra a visão geral da representação do custo incerto de um projeto, como um número *fuzzy*. O eixo horizontal representa o fluxo de caixa e o eixo vertical, o grau de certeza; pode-se observar que o intervalo entre os valores a e b têm maior probabilidade de ocorrência.

Figura 13 - Fluxo de caixa incerto do projeto como um número fuzzy



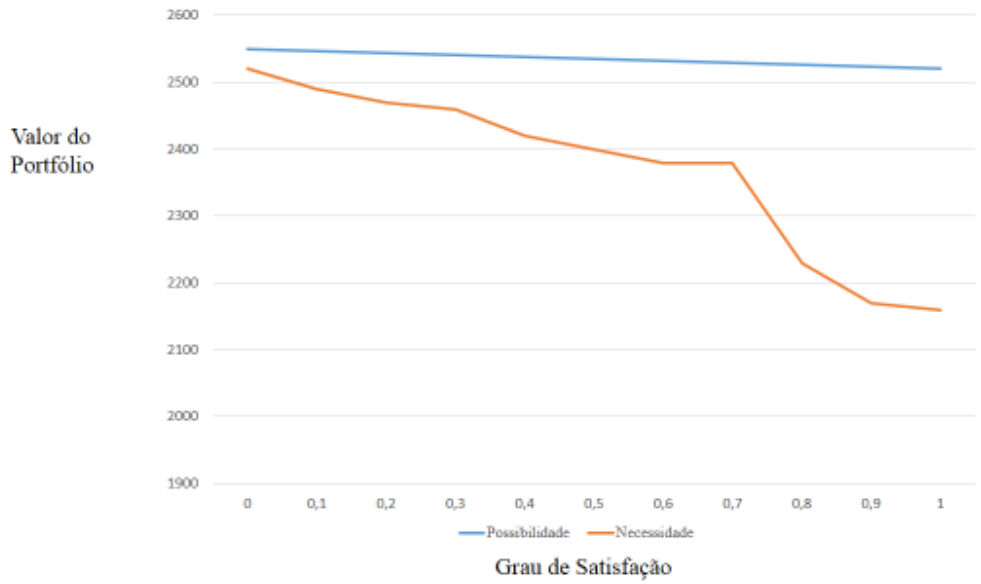
Fonte: Adaptado de Hassanzadeh et al. (2006)

O modelo geral baseado em programação *fuzzy* visa maximizar o benefício total do investimento no portfólio de P&D, e o benefício de cada projeto é calculado pelo método *fuzzy* de cálculo do retorno. As restrições a serem obedecidas são: não exceder o orçamento externo predeterminado para cada estágio, garantia de que o pessoal adequado esteja disponível para cada estágio e garantia de equilíbrio entre investimentos em diversos objetivos estratégicos de P&D. Todos os valores envolvidos são incertos, e portanto representados por conjuntos de números *fuzzy*.

De maneira geral, o modelo apresentado pode ser utilizado para maximizar qualquer medida de satisfação. Para maior utilidade do modelo, existem métodos para comparar números *fuzzy* entre si, como mostrado em Zimmerman (1996); para comparar números *fuzzy* com números

não-*fuzzy* (números *crisp*), pode-se usar medidas de comparação de possibilidade e necessidade, sendo a última mais forte, como demonstrada por Hassanzadeh et al. (2006) no artigo.

Figura 14 - Valor do Portfólio de acordo com diferentes tipos de medida



Fonte: Adaptado de Hassanzadeh et al. (2006)

A Figura 14 acima mostra o valor do portfólio (ROV = *Real Options Value*, ou Valor de Opções Reais) variando para graus de satisfação, para as medidas de necessidade e possibilidade, o que demonstra o fato de que a medida de necessidade fornece estimativas mais robustas para o valor do portfólio. A Figura 15 mostra a variação do valor do portfólio para graus de satisfação em relação a custo e força-trabalho, o que revela o valor agregado de se analisar múltiplos graus de satisfação para otimizar o portfólio de projetos.

Desta maneira, o modelo se mostra uma ferramenta de uso relativamente simples, que, com uso de programação com números *fuzzy*, auxilia gestores a lidar com a imprecisão dos dados de entrada em seus modelos de valoração de P&D.

Uma limitação do modelo é sua complexidade ligada ao uso de programação *fuzzy*, que pode dificultar sua aplicação, na falta de *know-how* disponível sobre métodos matemáticos.

2.2.5.4. Modelo de seleção de portfólio de P&D entre projetos interdependentes (BHATTACHARYYA et al., 2011)

Segundo Bhattacharyya et al. (2011), empresas normalmente possuem mais projetos do que podem de fato ser implementados, o que implica na necessidade de alocar recursos nos projetos mais vantajosos, sob critérios de seleção. Este modelo utiliza uma abordagem de programação *fuzzy* com objetivos múltiplos, visando facilitar a tomada de decisão na seleção de projetos de P&D.

A teoria de conjuntos *fuzzy* é utilizada para modelar a incerteza e imprecisão nos dados. A interdependência entre projetos, assunto abordado neste modelo, traz ganhos de benefícios; quando existem interdependências entre projetos, os parâmetros associados com um projeto particular dependem da seleção de outros projetos, de modo que o custo e benefício obtidos por um portfólio de projetos não é igual à soma dos custos e benefícios individuais de cada projeto. Segundo os autores, até o momento do artigo, não havia muito material na literatura no assunto de seleção de portfólio com consideração de interdependências.

O modelo desenvolvido é um modelo não-linear de três objetivos para a seleção de projetos dentro do portfólio de P&D. Seus objetivos são:

1) Maximização do resultado do projeto
2) Minimização do custo do projeto
3) Minimização do risco do projeto

O efeito das interdependências técnicas e de resultado entre projetos candidatos é consolidada ao resultado individual na primeira função objetivo. O custo do portfólio é definido como o custo individual total, subtraído das economias obtidas com o compartilhamento de custos entre projetos. O risco é definido como a perda máxima que o tomador de decisão pode ter no pior cenário, considerado como a perda máxima em caso de falha do projeto. O risco do portfólio é considerado como o risco individual total, adicionado ao risco devido à interdependência entre os projetos. A interdependência de recursos é considerada no cálculo dos recursos requeridos para a implementação do portfólio. Restrições como orçamento, recursos, contingência e resultado são utilizadas, além das restrições de interdependência, o que torna a formulação do problema mais prática.

O artigo então descreve a estrutura matemática do modelo, seguindo as diretrizes acima, de forma semelhante aos demais modelos de otimização matemática; o risco é considerado como uma medida oposta ao resultado financeiro, devendo portanto ser minimizado; a maximização do resultado financeiro já considera uma taxa de juros arbitrária I, de modo a descontar seu valor no tempo. Como diferença principal entre outros métodos de otimização (exceto métodos que já utilizam programação *fuzzy*), as variáveis utilizadas na modelagem são números *fuzzy*, visando lidar com a imprecisão e incerteza destes dados.

É possível também inserir uma restrição de que o projeto ocorra apenas uma vez; as demais restrições convencionais de orçamento e outros recursos são modeladas normalmente, com a somatória dos recursos utilizados em projetos não excedendo o orçamento ou disponibilidade de recursos especificada.

Para a metodologia de solução, Bhattacharyya et al. (2011) propõem algoritmos genéticos para a solução do modelo de seleção de portfólio, tanto para um único objetivo como para objetivos múltiplos. Algoritmos genéticos foram inicialmente desenvolvidos por Holland (1975); estes algoritmos normalmente se iniciam com um conjunto de soluções potenciais (chamadas de população inicial) do problema de tomada de decisão sob consideração. Soluções individuais são chamadas de cromossomos, e operações de cruzamento e mutação ocorrem entre as soluções potenciais para obtenção de um novo conjunto de soluções, até as condições terminais serem encontradas. Bhattacharyya et al. (2011) mostra a aplicação deste algoritmo genético, tal como uma proposta de procedimento para a obtenção da solução neste modelo, com uso de um algoritmo genético de objetivos múltiplos (MOGA, sugerido por Roy et al. (2008)). A aplicação é finalmente mostrada num estudo de caso.

Como possíveis limitações do método, pode-se citar a sua complexidade matemática, envolvendo algoritmos de alta complexidade, e não consideração de outros critérios relevantes à gestão de portfólio como alinhamento estratégico e equilíbrio entre projetos.

2.2.6. Métodos adicionais para valoração e avaliação de projetos de P&D

Nesta seção, serão descritos métodos com propostas e ferramentas de tipos além dos principais citados anteriormente (grande parte dos trabalhos na literatura apresenta métodos que utilizam cálculo de VPL, opções reais e programação *fuzzy*). Deve-se reforçar que diversos métodos utilizam mais de uma abordagem.

2.2.6.1. Valoração de projetos de P&D com comportamento de cobertura (*hedging behavior*) (LUO et al., 2008)

Segundo Luo et al. (2008), diversos acadêmicos sugerem que a gestão bem-sucedida de portfólio de projetos de P&D envolve a redução sistemática de risco único (*unique risk*), o que leva à necessidade de empresas utilizarem diversificação ou comportamento de cobertura para reduzir o risco do investimento. Métodos de opções reais podem ser utilizados para avaliar os projetos, considerando o comportamento de cobertura das empresas; entretanto, métodos convencionais de opções reais podem subestimar ou superestimar o valor do projeto, pois dependem de expectativas subjetivas sobre o prospecto futuro de mercado e tecnologia. O método proposto incorpora o comportamento de cobertura, visando evitar o julgamento arbitrário de avaliadores de projetos.

Luo et al. (2008) observam que a hipótese utilizada em abordagens de opções reais, quanto à replicação do risco do projeto por meio de outros ativos não é válida no contexto real, devido ao fato de que o risco de um projeto é usualmente idiossincrático. Desta maneira, as empresas podem utilizar ações de cobertura (*hedging*) para reduzir o risco único, usando diversificação de investimentos, como demonstrado no modelo proposto.

No modelo, a evolução do projeto é dividida em dois estágios de um ano, o primeiro dedicado à P&D e nova tecnologia, e o segundo à comercialização.

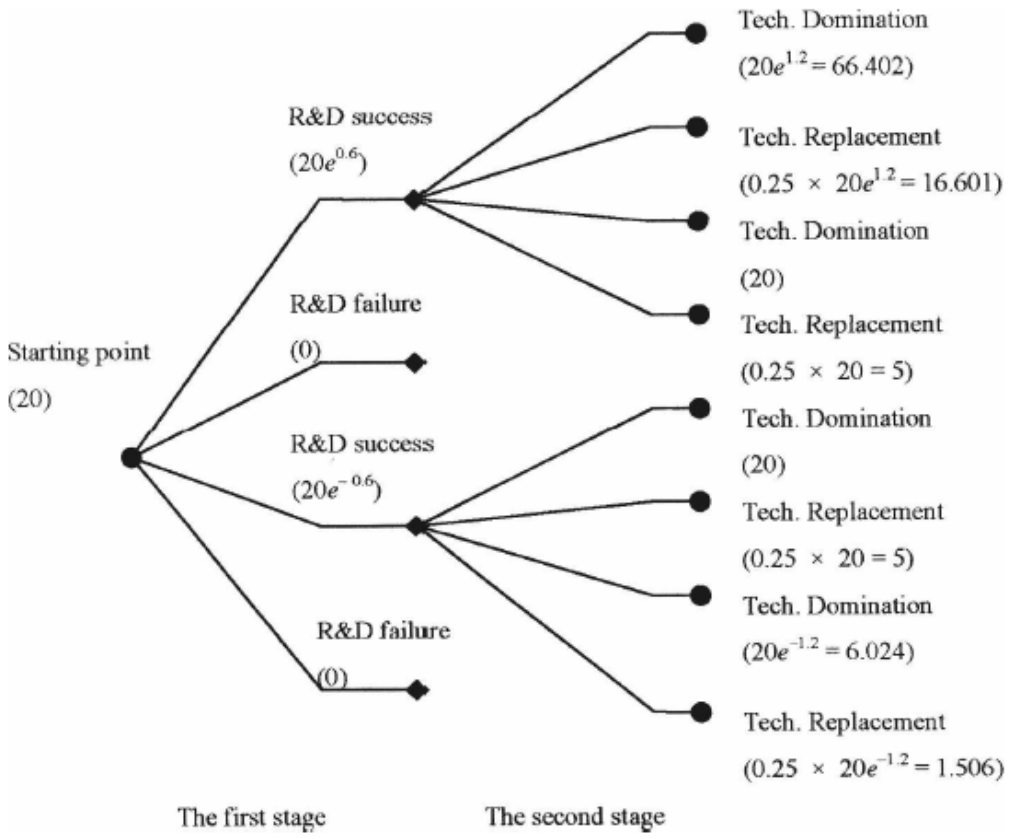
Segundo MacMillan (2002), as incertezas no investimento em P&D podem ser agrupadas em dois tipos: tecnologia e mercado. Luo et al. (2008) definem dois estados possíveis para o risco tecnológico no primeiro estágio: sucesso e falha da P&D, com entrada de receitas e possibilidade de investimento adicional no primeiro caso. No segundo estágio, há o risco

adicional de que a tecnologia comercializada seja substituída por outras novas tecnologias. Em cada possibilidade, há dois possíveis estados: favorável e não-favorável à empresa.

O risco de mercado é representado por uma árvore binomial; desta maneira, há quatro estados possíveis no primeiro estágio:

- Boa situação de mercado e P&D bem-sucedida
- Boa situação de mercado e P&D malsucedida
- Má situação de mercado e P&D bem-sucedida
- Má situação de mercado e P&D malsucedida

Figura 15 - Visão geral - exemplo de Árvore Binomial



Fonte: Adaptado de Luo et al. (2008*)*

A Figura 15 mostra um exemplo da árvore binomial utilizada num modelo convencional simplificado de opções reais; os números em parênteses representam os retornos esperados para cada possibilidade, com multiplicação de suas probabilidades à direita. Percebe-se que não há continuidade do projeto em caso de falha da P&D, e os retornos são maiores para uma boa situação de mercado (primeiro ramo com 20e ^ 0.6) e boa situação tecnológica, em caso

de dominação da tecnologia. O VPL é calculado com a soma ponderada dos retornos, dadas suas probabilidades.

Com a adição da opção de abandono ou paralisação do projeto, entretanto, retornos podem aumentar com a possibilidade da empresa continuar apenas em condições favoráveis. As estimativas mais otimistas ou pessimistas também influem no retorno esperado, pois mudam as probabilidades de ocorrência de cada estado.

O comportamento de cobertura (*hedging*) é aplicado da seguinte forma: por exemplo, caso a P&D do projeto falhe, a empresa pode ser compensada com uma taxa de retorno no primeiro estágio, e, em caso de falha comercial no segundo estágio, também possa ser compensada com uma taxa de retorno. Este comportamento de cobertura diminui a volatilidade do investimento e torna a estimativa de retorno do investimento indiferente à subjetividade dos tomadores de decisão referente às probabilidades de cada possibilidade. Aplicando o modelo, Luo et al. (2008) conclui que, para maiores graus de cobertura, retornos são maiores; adicionalmente, os autores também verificam a validade do aumento do valor da flexibilidade gerencial ligadas às opções reais, para maiores volatilidades de projetos de P&D.

Desta maneira, o modelo traz uma nova abordagem relevante à gestão de portfólio de P&D; uma limitação sua, assim como outros métodos voltados à análise financeira de projetos, pode ser a falta de consideração de critérios como alinhamento estratégico e equilíbrio entre projetos.

2.2.6.2. Análise do histórico da performance de empresas em P&D (COHEN et al., 2012)

Cohen et al. (2012) busca mostrar o uso da análise do histórico da performance de empresas em P&D, para prever seus resultados futuros associados aos investimentos em P&D. Para demonstrar sua tese, mostra uma estratégia de maior investimento em ativos com expectativa de valorização (estratégia *long-short*) que, com base em informações históricas, obtém retornos superiores de 11 por cento anuais.

Segundo Cohen et al. (2012), o mercado de ações é incapaz de distinguir investimentos em P&D “bons” e “ruins”, ainda que o sucesso em inovação possa ser previsto, com base em informações passadas sobre as empresas. O modelo desenvolvido avalia a “habilidade” da

empresa em P&D, comparando, por exemplo, empresas com alto investimento em P&D, mas com diferentes históricos de performance.

Para controle de risco no modelo, os autores aplicam a metodologia de Modelo de Precificação de Ativos Financeiros (CAPM) com três e quatro fatores, além de um ajuste não-paramétrico característico de retornos. Também é utilizado um retorno ajustado pela indústria, e o modelo sempre avalia empresas com o mesmo nível de investimento em P&D, o que controla eventuais explicações sobre o risco de empresas com alto investimento em P&D.

Para um teste de robustez do modelo, os autores aplicam testes em amostras de outros países além dos EUA, como Reino Unido e Japão, e períodos distintos, obtendo correlações semelhantes e significativas. Por último, testes são feitos para obtenção das conclusões finais do modelo:

- Empresas classificadas com “alta habilidade” em P&D com forte investimento em P&D produzem resultados tangíveis em P&D, gerando mais patentes e novos produtos, em relação a empresas com “baixa habilidade” em P&D
- Empresas classificadas com “alta habilidade” em P&D tem consistência nesta competência
- A falha do mercado em entender as implicações dos históricos de performance em P&D está relacionada à heterogeneidade nas informações fornecidas pelas empresas

O artigo então descreve suas fontes de dados utilizadas, tipos de regressão utilizadas e resultados obtidos em retornos financeiros do portfólio, usando informações sobre a habilidade da empresa e seu nível de investimento, além dos testes de robustez com outras amostras de dados. Cohen et al. (2012) relatam a obtenção de resultados semelhantes aos de outros estudos no assunto, como Daniel e Titman (2006), Hirshleifer et al. (2010) e Eberhart et al. (2004), e conclui que a abordagem detecta um padrão novo e não detectado previamente, na correlação de retornos financeiros com a avaliação incorreta do mercado de empresas com alta habilidade em P&D.

O artigo mostra uma seção de demonstração de suas três conclusões finais mostradas acima, além de uma discussão sobre os resultados, onde se observa que um nível de investimento não otimizado em P&D é visto nas empresas, devido a restrições financeiras, erros na tomada de decisões e outros problemas, ainda que o mercado tenha de avaliar estes investimentos em P&D. A previsibilidade de retorno seria obtida apenas caso o mercado estivesse

consistentemente incorreto sobre os investimentos em P&D, em uma maneira identificável e previsível.

Desta maneira, o modelo propõe uma relevante ideia ao problema de valoração de P&D, ressaltando a importância das informações históricas da empresa, e aponta um importante problema de ineficiência em investimentos de P&D da economia atual, devido à falha do mercado em incorporar corretamente estas informações.

Uma limitação, novamente se tratando de modelos que avaliam retornos financeiros de portfólios, se refere à falta de consideração dos critérios de alinhamento estratégico e equilíbrio entre os projetos.

Podemos também citar aqui o estudo de Nguyen et al. (2010), que rejeita a hipótese de que vieses contábeis e avaliação incorreta de investimentos de P&D por parte do mercado são a causa da valoração imprecisa de investimentos de P&D nos EUA, por meio de um estudo com empresas japonesas. Desta maneira, o assunto ainda permite estudo adicional para novas conclusões.

2.2.6.3. Matriz de Portfólio de Projetos de P&D – aplicação à gestão de inovação (MIKKOLA, 2001)

Segundo Mikkola (2001), a complexidade de tecnologias, adicionada a ciclos de vida de produtos mais curtos estão forçando empresas a utilizar P&D estrategicamente, o que as leva a avaliar suas tecnologias sob uma perspectiva de portfólio, onde um conjunto ou subconjunto de projetos de P&D é avaliado comparativamente. Isto implica na necessidade de técnicas de gestão de portfólio para o auxílio à tomada de decisão, como a Matriz de Portfólio de Projetos de P&D, que busca ligar vantagens competitivas das empresas aos benefícios que projetos de P&D podem prover aos clientes.

Segundo a autora, um dos principais desafios das técnicas de portfólio é a seleção de variáveis e indicadores adequados, sua quantidade e combinação para garantir ortogonalidade, além do cuidado com a subjetividade que pode incorrer na gestão de portfólio. Cordero (1991) destaca a aceleração da obsolescência de produtos, e a importância da organização de desenvolvimento de produtos e manufatura para maior velocidade, ambos complementados com técnicas de economia de tempo.

Segundo Mikkola (2001), a criação de uma inovação depende fortemente das capacitações de P&D de uma empresa e sua habilidade de fazer mudanças técnicas, tanto incrementais ou radicais. A abordagem de portfólio força gestores estratégicos de diferentes funções organizacionais a chegar a um consenso entre P&D e a gestão de inovação.

Hill e Jones (1992) definem um portfólio de projetos equilibrado como um conjunto de projetos que permite uma empresa atingir os objetivos de crescimento e lucratividade associados com sua estratégia corporativa, sem expor a empresa a riscos indevidos. A manutenção de um portfólio equilibrado de produtos e projetos significa a construção de uma base de ativos tecnológicos essenciais para uma vantagem competitiva. Na análise de um portfólio de P&D, um dos fatores mais importantes é a habilidade de ligar vantagens competitivas de uma empresa a necessidades percebidas de clientes (MIKKOLA, 2001).

Figura 16 - Matriz de Portfólio de Projetos de P&D

Fonte: Adaptado de Mikkola (2001)

A Figura 16 acima mostra a Matriz de Portfólio de Projetos de P&D, que é uma ferramenta de comunicação com o propósito de identificar projetos ou produtos que forneçam benefícios aos clientes e vantagens competitivas em relação a competidores (HSUAN, 1998; HSUAN, VEPSALAINEN, 1997, 1999; LAURO, VEPSALAINEN, 1986; VEPSALAINEN, LAURO, 1988), e se baseia em dois critérios: vantagens competitivas de uma empresa e benefícios fornecidos a clientes, o que permite mapear as forças e fraquezas de uma empresa e ligar suas capacitações à satisfação percebida do cliente. A matriz também tem um papel especial na avaliação de projetos de P&D para futuro desenvolvimento, o que é um problema comum a gestores de P&D.

Os produtos “Star”, ou “Estrelas”, são produtos com alta vantagem competitiva e altos benefícios aos clientes; produtos voltados a mercados de nicho frequentemente caem nesta categoria. Estes produtos tem a habilidade de gerar caixa suficiente no longo prazo para sua própria necessidade e para outros projetos.

Os produtos “Flop” não oferecem vantagens competitivas e tem benefícios limitados para os clientes, com poucas chances de retorno positivo à empresa. Geralmente se originam de má implementação e planejamento de estratégias de *marketing*. Os produtos “Fad” são

caracterizados por altos benefícios e baixa vantagem competitiva, geralmente encontrados na produção em massa ou produtos imitados.

Os produtos “Snob” são caracterizados por altas vantagens competitivas, mas incapazes de atender necessidades dos clientes, o que pode ocorrer devido a altos custos de produção ou baixa demanda percebida.

Mikkola (2001) então descreve as quatro principais pontos importantes no uso da matriz de portfólio:

- Sustentação dos projetos “Estrela”: contínuo avanço e melhoria das vantagens competitivas e benefícios aos clientes para se manter no topo da competição; deve haver persistência em contínuas inovações de produtos e gerações de melhorias.
- Transformação de projetos “Fad” em projetos “Estrela”: pode ocorrer em caso de melhoras significativas na performance do produto imitado; mudanças e melhorias devem ser visíveis ao cliente.
- Transformações de projetos “Flop” em projetos “Estrela”: tarefa difícil, devido à insuficiência de caixa gerada; projetos “Flop” podem servir como aprendizado à organização durante a gestão destes projetos.
- Importância do equilíbrio do portfólio no contexto da matriz: o portfólio deve conter projetos “Stars”, “Fads” e “Snobs”, e até “Flops” eventualmente; estes projetos são inter-relacionados de maneira dinâmica.

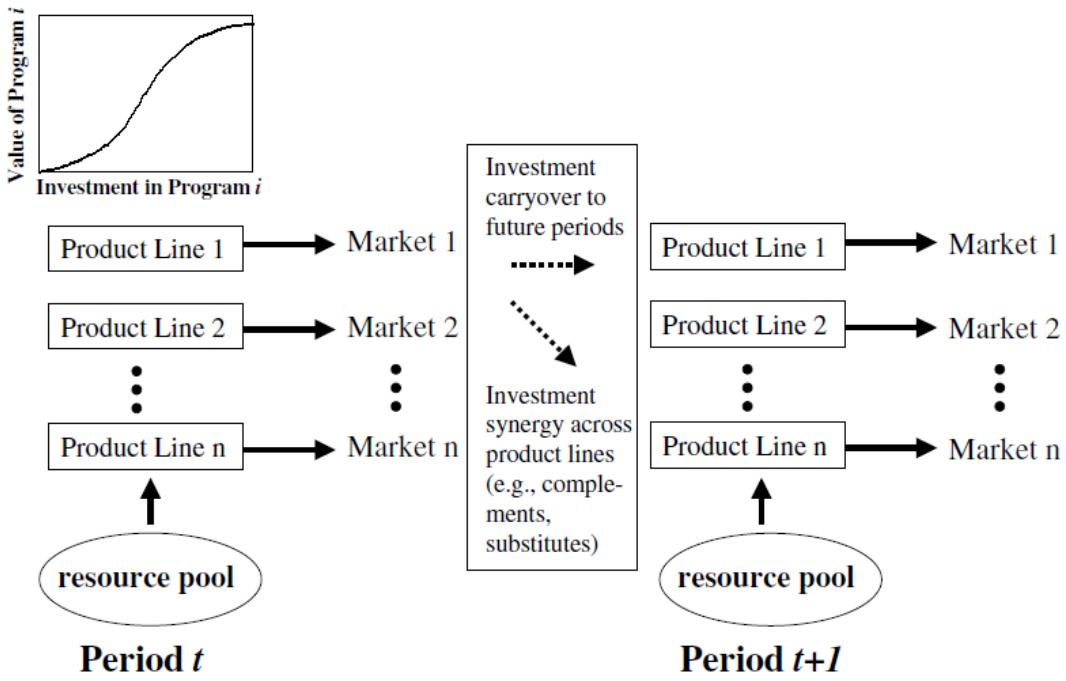
Mikkola (2001) então finaliza o artigo com a aplicação da matriz a um estudo de caso da bateria de lítio e íons. A ferramenta de Matriz de Portfólio de Projetos de P&D, portanto, mostra um papel importante na seleção, comercialização e dinâmica tecnológica da seleção de projetos de P&D, identificando riscos e lacunas a serem preenchidos, e priorização da alocação de investimentos.

O método mostrado tem a vantagem principal da consideração do equilíbrio no portfólio e alinhamento com a estratégia da empresa em sua priorização. Entretanto, ainda que considere dados como custos estimados na matriz, depende desta estimativa inicial, que pode estar indisponível, dependendo portanto de outros métodos de valoração de P&D. Adicionalmente, observa-se a eventual dificuldade na avaliação dos benefícios aos clientes, que podem não ser claros ou conhecidos pela gestão, o que também dificulta uma aplicação correta da matriz.

2.2.6.4. Seleção dinâmica de portfólio de programas de desenvolvimento de novos produtos com uso de Retornos Marginais (LOCH, KAVADIAS, 2002)

Segundo Loch e Kavadias (2002), a otimização de portfólios é dificultada pela complexidade combinatória de combinações entre projetos; entretanto, a decisão de investimento não é uma decisão de "tudo ou nada", mas pode ser ajustada, resultando em benefícios maiores ou menores do programa. Desta maneira, os autores propõem o uso de análise marginal, para alocação ótima dos recursos escassos, considerando múltiplos fatores com interação entre si, independentes ou correlacionados, incertezas nos retornos de mercado, retornos crescentes ou decrescentes do investimento em desenvolvimento de novos produtos, continuidade do benefício do investimento ao longo de múltiplos períodos e interações entre segmentos.

Figura 17 - Visão Geral do Modelo de Seleção Dinâmica de Portfólio



Fonte: Adaptado de Loch e Kavadias (2002)

A Figura 17 mostra a visão geral do modelo, que considera uma empresa que opera com n diferentes linhas de produtos, nas quais o orçamento de P&D deve ser alocado; a cada período, a alocação pode ser revisada, e as condições de cada período são incertas: podem haver mais ou menos competidores, e diferentes preferências dos clientes. Estas condições são

modeladas por meio de potenciais lucros de mercado, representando um limite superior sobre os lucros possíveis.

O objetivo da empresa é a alocação de orçamentos de desenvolvimento de novos produtos entre as linhas para maximizar o valor de seu portfólio; o artigo prova matematicamente que seu teorema, referente a tese de que é ótimo, em todos os períodos, alocar o orçamento entre as linhas de produtos de acordo com seus benefícios marginais, aplica-se a qualquer número de linhas de produtos.

Para o caso de linhas de produtos com retornos crescentes, que caracterizam linhas de produtos na parte em aceleração de sua curva de difusão, ou ganhando fatias de mercado, Loch e Kavadias (2002) concluem que é ótimo, em cada período, alocar o orçamento total a uma só linha de produtos. Embora resolver o problema de programação linear descrito no artigo para este caso não tenha soluções conhecidas, existem algoritmos eficientes para computar as políticas ótimas (BERTSIMAS, NINO-MORA, 2000).

Para o caso de retornos decrescentes, é ótimo, em todo período, alocar o orçamento entre as linhas de produtos, de acordo com seus benefícios marginais, atuais e carregados até o futuro. Para retornos decrescentes e interações de mercado, assim como retornos decrescentes e consideração da aversão ao risco, os autores também obtém soluções matemáticas, mostrando as condições a serem aplicadas ao seu modelo para obtenção do portfólio ótimo. Loch e Kavadias (2002) ilustram o modelo com um exemplo numérico, baseado num caso real da indústria de diamantes.

O modelo, portanto, estende a teoria existente no assunto à caracterização, em forma fechada, da política ótima de portfólio, na presença de diversas dimensões, como a função de retorno das linhas de produtos, tamanho potencial do segmento de mercado, consequências em múltiplos períodos, competição por recursos comuns, complementaridade ou efeitos de substituição entre linhas de produto, e aversão gerencial ao risco. O modelo generaliza ferramentas qualitativas amplamente usadas, como matrizes de risco e retorno ou equilíbrio entre segmentos de mercado.

Uma possível limitação do modelo é a dificuldade em se determinar a forma da função de retorno dos projetos, e da dependência de informações precisas em cada estado de avaliação do projeto. Tal limitação é comum a modelos com grande uso de informações financeiras exatas para modelagem matemática.

3. MODELO DE CONTINGÊNCIA

3.1. Funcionamento do Modelo de Contingência

O modelo de contingência se baseia em duas questões a serem respondidas pelo usuário da empresa. Em cada uma delas, o modelo mostra, de maneira dinâmica e indexada, as opções disponíveis ao usuário, na forma de frases-âncora que buscam definir de maneira resumida uma situação próxima a uma situação real da empresa. O usuário, que preferencialmente deve pertencer à área de P&D da empresa, e pode ser auxiliado de um membro da alta gestão, deve então escolher, em cada questão, a opção indicada por letras que é mais adequada à situação enfrentada pela empresa.

Após estes dois passos, o modelo automaticamente recomenda um método ou ferramenta para valoração e avaliação de projetos de P&D, expondo sua referência (cujo artigo científico é resumido e apresentado neste trabalho de formatura), diretrizes de alto nível para sua implementação e possíveis limitações encontradas, para antecipação de dificuldades. Adicionalmente, a referência completa do artigo para consulta posterior e sua localização no TF também é mostrada, conforme o Apêndice A.

O modelo foi dividido em abas que permitem flexibilizá-lo, pois caso necessário, é possível mudar em cada aba correspondente as frases-âncora (na aba Métodos Auxiliar), diretrizes e limitações (na aba Diretrizes e Limitações) sem perda da estrutura lógica do modelo posteriormente. A primeira aba, Tutorial, mostra instruções básicas ao usuário, com o mesmo conteúdo do tutorial mostrado na seção 3.2. deste trabalho.

As frases-âncora buscam, na primeira questão, retratar características do problema enfrentado pela empresa que permitam a aplicação de modelos de determinado tipo; para a aplicação de métodos de VPL, dados precisos são necessários para a execução de estimativas financeiras e probabilidades precisas; para opções reais, deve existir a possibilidade de adiar o investimento em P&D, para compra do direito posterior no investimento; para a programação *fuzzy*, o método é adequado a situações com imprecisão considerável nos dados de entrada e estimativas.

Na segunda questão, em relação aos principais métodos pesquisados na literatura conforme exposto na seção de Revisão Bibliográfica, as frases-âncora buscam retratar características de situações nas quais a aplicação de determinado modelo seria adequada. Cabe também ao usuário escolher a situação mais próxima à da sua empresa. Para o eventual caso de que não se encontre opções completamente adequadas à sua situação, existe a opção de (D) Considerar opções adicionais, na questão 1. Adicionalmente, o usuário também tem a opção de recomeçar o questionário de maneira simples; basta apenas escolher outras opções em cada questão e o modelo irá sugerir outros métodos automaticamente.

Na aba Árvore Métodos, mostrada no Apêndice B, pode-se observar a estrutura lógica por trás das respostas possíveis para as duas questões do modelo. Desta maneira, as quatro opções de resposta na questão 1, junto das possíveis respostas na questão 2, resultam em conjunto na recomendação de qualquer um dos 15 métodos estudados neste trabalho. Deve-se observar que a árvore lógica, no caso, é composta pela sua primeira ramificação, Questão 1, com 4 ramos (4 opções de resposta), e cada um destes ramos tem novas ramificações com a Questão 2 do modelo, o que forma a árvore lógica que resulta na recomendação de um dos 15 métodos estudados.

3.2. Variáveis de Contingência do Modelo

Segundo Galbraith (1973), a estrutura ótima de uma organização depende de diversos fatores de contingência, o que impossibilita a definição de uma organização ótima para qualquer situação. Analogamente, neste modelo de contingência, métodos são recomendados à empresa conforme sua situação, conforme descrito pela empresa usuária na seleção das frases-âncora das duas questões. Esta situação é definida por variáveis de contingência que, pela estrutura lógica do modelo, geram uma recomendação mais adequada à empresa. Recomenda-se a leitura de Birkinshaw et al. (2002) para um estudo da teoria de contingência.

Nesta seção são mostradas as variáveis de contingência do modelo, que definiram a escolha de determinados métodos para cada tipo de situação enfrentada pela empresa usuária. Estas variáveis são representadas nas frases-âncora do modelo de contingência, mostradas na aba Árvore Métodos conforme mostrado na seção 3.1. Deve-se destacar que para cada variável, verifica-se a aplicabilidade ou não deste fator na situação da empresa, e em caso positivo, quais as suas especificidades.

Duas principais variáveis são destacadas, determinantes para a seleção ou exclusão de diversos métodos:

- Presença de dados precisos para estimativas financeiras e de consumo de recursos nos projetos de P&D: em caso de disponibilidade de dados precisos, métodos de Valor Presente Líquido (VPL) podem ser aplicados adequadamente, ao passo que dados imprecisos podem sugerir a aplicação de métodos que utilizam a Programação *Fuzzy*, adequada para estas incertezas;
- Objetivos principais da gestão de portfólio de projetos de P&D da empresa: tomando como base os critérios apontados por Cooper et al. (1997), Alinhamento Estratégico, Equilíbrio entre Projetos e Maximização do Valor Econômico, entre outros objetivos específicos de cada empresa, tais objetivos definem quais métodos são mais adequados à gestão de P&D da empresa, dado que, de maneira geral, cada método fora desenvolvido para atingir um objetivo específico, dadas restrições. Não obstante, existem também métodos que buscam atingir múltiplos objetivos a serem definidos pela empresa, e estes são adequados para as empresas com este tipo de atuação.

Outras variáveis de contingência, que determinam a seleção de métodos específicos são:

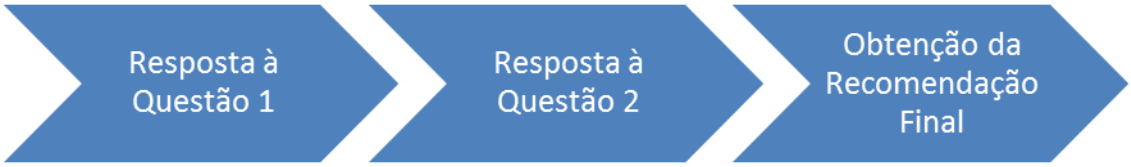
- Setor de atuação da empresa (setor da indústria ou público/ privado);

- Presença de pontos de decisão predefinidos no projeto de P&D;
- Conhecimento das incertezas chave a serem enfrentadas no projeto de P&D;
- Ameaça de entrada de competidores;
- Utilização de processo de decisão em *Stage-Gates;*
- Existência de opções ocultas (*shadow options*), que exigem investimento inicial de recursos para obtenção de novas informações e obtenção de opções reais (vide CARLSSON et al., 2006**);**
- Interdependência entre os projetos de P&D;
- Viabilidade de diversificação de risco com a compra de ativos de retorno oposto (*hedging behavior*);
- Disponibilidade de informações históricas sobre a empresa investidora em P&D;
- Flexibilidade de mudança do investimento em projetos de P&D distintos.

3.3. Tutorial do Modelo de Contingência

O processo simplificado do uso do modelo é mostrado na Figura 18 abaixo:

Figura 18 - Processo de Funcionamento do Modelo de Contingência



Fonte: Elaborado pelo Autor

Para o uso do modelo, é descrita a sequência de passos operacionais:

1. Abrir a planilha de *Microsoft Excel* no CD anexo, Modelo de Contingência.xlsx
2. Na aba Questionário, ler as opções da Questão 1
3. Escolher a opção da Questão 1 mais próxima à situação da empresa na célula azul da Questão 1
4. Ler as opções disponíveis para a Questão 2
5. Escolher a opção da Questão 2 mais próxima à situação da empresa na célula azul da Questão 2
6. Ler a recomendação final, junto de suas diretrizes e limitações, além das referências completas e do Trabalho de Formatura.

Outras recomendações gerais importantes referentes ao modelo são:

- Não alterar as demais abas (*tabs*) do modelo, que são auxiliares para seu cálculo. Apenas a aba Questionário é necessária.

- Caso o usuário queira recomeçar o processo, basta reiniciar o processo de preenchimento à partir da Questão 1 e depois da Questão 2, para obter uma nova recomendação.

- Não alterar as fórmulas de cálculo da planilha. A recomendação final pode ser copiada e colada como valores para outra planilha de Microsoft Excel, para maior conveniência.

4. DISCUSSÃO SOBRE RESULTADOS DO MODELO

4.1. Considerações iniciais

O modelo de contingência foi enviado a contatos de diversas empresas de diferentes indústrias no mercado, pesquisadas dentro de uma base de dados internacional proveniente de uma consultoria multinacional de gestão, que autorizou o uso dos resultados dos testes do modelo sob a condição de sigilo de sua identidade, assim como de suas empresas clientes. Com a condição de sigilo completo de seus dados e maiores detalhes de operações de P&D, as empresas autorizaram a exposição e discussão de seus resultados no uso do modelo, para o desenvolvimento deste trabalho. Por estarem dentro de uma base de dados internacional, as empresas citadas podem ser diversos países.

Para análise dos resultados nesta seção do trabalho, utilizou-se como base formulários de resposta do modelo de contingência enviados pela consultoria às empresas via *e-mail*, onde a empresa deveria fornecer algumas informações previamente acordadas junto à consultoria: seu setor de atuação, respostas selecionadas no modelo, benefícios e limitações encontradas em seu preenchimento e posteriores medidas de atuação tomadas com base na recomendação. A pessoa responsável pelo preenchimento tinha de pertencer à área de P&D da empresa (todas as empresas respondentes, portanto, tinham áreas de P&D), e era ideal que fosse assessorada por um executivo da alta gestão da empresa.

Para fins didáticos, foram escolhidas quatro empresas de diferentes setores, onde cada uma optou por respostas distintas, chegando a recomendações de modelos dos quatro tipos conforme organizado neste trabalho (VPL; Opções Reais, Programação *Fuzzy* e Métodos Adicionais).

4.2. Análise das respostas obtidas

4.2.1. Empresa A – ramo farmacêutico

A empresa A atua no ramo farmacêutico, e fabrica medicamentos voltados para a terceira idade. Dada a abundância de dados históricos em sua indústria, que permitem estimativas mais próximas de probabilidades de sucesso e estimativas financeiras, a empresa optou pela opção A na primeira questão do modelo.

Estando no setor farmacêutico, a empresa optou pela opção A na segunda questão do modelo, o que resultou na recomendação do modelo financeiro de P&D na indústria farmacêutica desenvolvido por Myers e Howe (1997).

Uma dificuldade enfrentada no modelo, conforme reportado por um contato da empresa, foi a de estimar probabilidades de variação para a melhora ou piora do cenário econômico, devido ao cenário incerto da economia mundial, e a atuação global desta empresa. Adicionalmente, também se observou uma limitação do modelo referente à falta de consideração de Alinhamento Estratégico e Equilíbrio para a priorização dos projetos.

Ainda assim, segundo o contato, o modelo permitiu uma boa estimativa inicial do retorno financeiro de projetos potenciais de novos medicamentos, e adicionou melhorias ao modelo que era utilizado atualmente. Com a melhoria na precisão de dados coletados e estimativas, o cálculo do retorno financeiro pode também se tornar mais preciso.

4.2.2. Empresa B – empresa do setor automotivo

A empresa B atua no setor automotivo, produzindo e comercializando automóveis. Ao responder o questionário, a empresa optou pela opção B na primeira questão, dado que investimentos parciais poderiam ser feitos para que a empresa tivesse o direito futuro de exercer uma opção de investimento em projetos e tecnologias potencialmente vantajosos.

Na segunda questão, foi escolhida a opção C, dado que, no projeto de um novo automóvel, existem diversos critérios importantes a serem considerados para avaliar sua viabilidade, como a manufatura, para avaliação da capacidade da fábrica e disponibilidade de *staff* e mão-de-obra necessários, tal como maquinário e infraestrutura; técnica, relacionado ao *know-how* necessário e tecnologia; Marketing e Vendas, relacionado ao mercado potencial e precificação adequada ao mercado e Retorno Financeiro, também ligado ao mercado e aos custos totais relacionados, tal como o retorno (*payback)* do investimento.

Portanto, o método de valoração de P&D sugerido pelo modelo de contingência foi o de Tolga e Kahraman (2008), Modelo baseado em Critérios Múltiplos *Fuzzy* para Valoração de P&D e Abordagem *Fuzzy* da Árvore de Decisão Trinomial para Opções Reais.

Um desafio enfrentado, de acordo com a empresa B, foi definir quantitativamente estes critérios, relacionados a especificações técnicas e estimativa de necessidades de recursos para cada projeto. Adicionalmente, a complexidade da implementação do método foi um obstáculo relevante, e a empresa contratou uma consultoria técnica para auxiliar na implementação do modelo.

Segundo a empresa, uma vantagem do modelo foi a quantificação dos benefícios esperados de cada projeto e da complexidade de implementação, o que permitiu avaliar de forma mais concreta e embasada cada projeto, o que permite a montagem de um portfólio mais adequado à realidade da empresa.

4.2.3. Empresa C – desenvolvedora de *softwares*

A empresa C desenvolve e comercializa *softwares* para gestão financeira e gestão de risco. A empresa se organiza por projetos, e considerou relevante o uso de um método para priorizar a execução e investimento de recursos em projetos, de acordo com critérios predefinidos. Ao responder o questionário, optou pela resposta C na primeira questão, devido à natureza incerta de seus projetos, em especial em suas fases iniciais. Segundo a empresa, há dificuldade na estimativa de recursos necessários, assim como na obtenção de dados para estimativa de mercados potenciais, o que leva a uma imprecisão inicial.

Na segunda questão, a empresa escolheu a opção C, pois considerou haver interdependência entre os projetos desenvolvidos, no sentido que tecnologias ou algoritmos desenvolvidos de maneira bem-sucedida em um projeto podem influenciar positivamente outros projetos, que podem utilizá-los e se tornarem mais complexos. Da mesma maneira, a dificuldade no desenvolvimento destas tecnologias e algoritmos pode também dificultar o desenvolvimento de outros projeto.

O método sugerido pelo modelo de contingência foi o de Bhattacharyya et al. (2001), Modelo de seleção de portfólio de P&D entre projetos interdependentes.

Um desafio importante, de acordo com a empresa, foi de determinar as restrições relevantes à priorização dos projetos, tal como orçamento máximo disponível, pessoal necessário e tempo de desenvolvimento, e quantificação, dado que estas tarefas eram antes feitas de maneira informal e imprecisa. Adicionalmente, nem sempre as interdependências entre projetos eram facilmente detectadas, e os engenheiros da equipe tiveram de reavaliar os projetos em andamento para considera-las adequadamente.

Um benefício obtido, de acordo com a empresa C, foi a quantificação das interdependências entre projetos, que afetavam o retorno financeiro esperado, e a implementação de um método embasado e formalizado para priorização dos projetos de P&D.

4.2.4. Empresa D – ramo de beleza e cuidados pessoais

A empresa D atua no mercado brasileiro de beleza, e optou por responder duas vezes o questionário, dado que era de seu interesse explorar opções alternativas de métodos de priorização de projetos de P&D. Para fins didáticos e apresentar resultados que mostrem a aplicação de 4 diferentes ramos da árvore de decisão do método (opções A, B, C e D na primeira questão), aqui será discutido o caso em que a empresa D optou pela opção D na primeira questão do modelo de contingência (considerar opções adicionais). A empresa D também observou que mais de uma situação descrita no modelo de contingência se encaixava em sua situação atual, e portanto decidiu explorar também outras opções.

Na segunda questão do modelo de contingência, a empresa optou pela resposta C, já que pretende avaliar seus projetos em termos de vantagem competitiva e benefícios aos seus clientes. De acordo com a empresa, estas duas dimensões são altamente relevantes à empresa, dada a crescente concorrência no segmento de beleza e importância do fortalecimento da marca e fidelização de seus clientes. Neste segmento, os clientes, principalmente do gênero feminino, são consideravelmente informadas sobre os benefícios de cada produto, comparando marcas e trocando informações, o que aumenta a importância de uma proposição de valor sólida no portfólio das empresas de beleza.

A ferramenta sugerida pelo método de contingência foi a Matriz de Portfólio de Projetos de P&D, desenvolvida por Mikkola (2001).

Desta maneira, um desafio importante na implementação do método foi a avaliação dos benefícios de cada produto do portfólio, que se deu por meio de diversas iniciativas, como *surveys* e entrevistas com clientes da empresa D e de suas concorrentes (buscando conhecer os benefícios dos produtos concorrentes), análise dos componentes químicos de cada produto no mercado e *benchmark* de preços. Uma dificuldade também enfrentada foi a estimativa precisa de custos de novos projetos, para avaliação de vantagem competitiva potencial.

Desta maneira, de acordo com a empresa D, a empresa se beneficiou com o mapeamento de todos os seus produtos na matriz de portfólio, que permitiu avaliar quais produtos necessitavam de mais investimento, além de quais novos projetos de P&D tinham grande potencial para se tornarem “Estrelas”, com alta vantagem competitiva e altos benefícios aos

clientes. Este mapeamento foi considerado ferramenta importante para a priorização de projetos de P&D no portfólio.

4.3. Análise com base na teoria acadêmica

De maneira geral, pode-se observar utilidade relevante nos métodos sugeridos pelo modelo de contingência, com base nos depoimentos dos contatos das empresas usuárias.

No caso da empresa A (setor farmacêutico), cujo método sugerido foi o de Myers e Howe (1997), pôde-se observar o auxílio do modelo na modelagem do alto risco inerente à atuação na indústria farmacêutica, assim como a simulação de Monte Carlo, que auxiliou a empresa a simular situações reais de projetos de P&D. Como premissas bem consolidadas já existiam devido à vasta quantidade de dados existentes na indústria farmacêutica, pôde-se aplicar o método, com base em dados relativamente precisos.

No caso da empresa B (setor automotivo), cujo método sugerido foi o de Tolga e Kahraman (2008), pôde-se observar o auxílio do modelo na estruturação dos critérios de avaliação para priorização de projetos, para uma análise multicritérios que considerasse os principais aspectos na indústria automotiva. O modelo também reflete uma característica importante do mercado, referente à possibilidade de haver melhora ou piora nos retornos financeiros esperados, devido às incertezas de mercado. Apesar da complexidade existente no modelo, referente à escolha de critérios para priorização de projetos, no caso da empresa B, haviam critérios importantes que já eram idealizados previamente pelos gestores.

Para a empresa C (setor de *softwares*), o método sugerido foi o de Bhattachayya et al. (2011). Pôde-se observar o benefício da aplicação do método com a obtenção de soluções que maximizassem o resultado financeiro do projeto, minimizando seu custo e risco, por meio de equações matemáticas. Além disso, a consideração das interdependências pôde ser incluída no cálculo, o que era bastante relevante à gestão de portfólio deste tipo de empresa.

Para a empresa D (setor de beleza), o método sugerido foi o de Mikkola (2001). O método de fato traz benefícios à empresa, dada a importância estratégica de P&D neste setor e a criação de uma ferramenta de suporte à tomada de decisão que permite identificar visualmente os projetos mais promissores (maior vantagem competitiva e benefício ao cliente), e os menores promissores, e quais necessitam de maior investimento. Outra vantagem é a consideração do equilíbrio entre projetos de diversos tipos (*Snob*, *Star*, etc) e alinhamento estratégico para a priorização de projetos de P&D.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio de uma revisão bibliográfica sobre os principais métodos existentes na literatura relacionados à valoração de projetos de P&D e demais ferramentas de avaliação de projetos e gestão de portfólio, este trabalho procurou auxiliar no esclarecimento do tema de valoração e priorização de projetos de P&D, um tema crucial a empresas da atualidade, mas ainda assim com pouco consenso e grande necessidade de estudo e desenvolvimento de métodos eficientes.

A valoração de projetos de P&D é importante à alocação de recursos escassos de maneira eficiente, avaliação de investimentos e desenvolvimento de projetos mais vantajosos a uma empresa. No ambiente de incerteza dos dias de hoje, crescente competitividade e pressão por inovação em empresas, a aplicação de métodos bem embasados com critérios de priorização adequados é altamente valiosa a empresas.

Ainda assim, embora existam diversos métodos de valoração e avaliação de projetos de P&D na literatura atual, não existia uma ferramenta que auxiliasse gestores a identificar que métodos são mais adequados a cada situação enfrentada por uma empresa. Também existe a dificuldade em saber quais as vantagens de cada tipo de método e que limitações cada um contém, tornando-os mais e menos aplicáveis a cada problema e objetivo.

Este trabalho busca fomentar o estudo deste importante tema, com a sugestão de um modelo de contingência simplificado para sugestão de métodos de valoração e avaliação de projetos de P&D, dada a situação da empresa usuária. Para isto, o modelo se baseia em frases-âncora que buscam retratar a situação para a qual é adequado o uso de determinado método, e a empresa usuária escolhe qual das frases-âncora, nas duas questões do modelo, retrata de maneira mais real sua situação, de modo a obter melhor sinergia entre problema enfrentado e eficácia do método.

O modelo sugere ainda, de maneira indexada em planilha do *Microsoft Excel*, diretrizes em alto nível para a implementação do método sugerido, tal como possíveis limitações e desafios a serem enfrentados pela empresa. A referência completa do método para pesquisa e consulta posteriores, tal como a referência no próprio TF é também mostrada. Algumas respostas obtidas por empresas que testaram o modelo são mostradas no trabalho, e os resultados, tal como as dificuldades enfrentadas pelas empresas são discutidos, onde se observa benefícios consideráveis no uso dos modelos sugeridos, o que mostra que o trabalho cumpre sua função

de iniciar a busca por melhores soluções na valoração de projetos de P&D. Ainda assim, mostra-se a necessidade de pesquisa adicional para criar modelos de contingência mais abrangentes e próximos da realidade, para a sugestão de métodos mais adequados aos problemas das empresas.

É recomendável a continuidade da pesquisa de novos métodos de valoração e avaliação de projetos de P&D bem ajustados à realidade de problemas enfrentados por empresas, que poderiam ser mapeados por meio de *surveys* e entrevistas. Além disso, a criação de novos métodos de contingência deve ser continuamente testada com empresas reais para validação e revisão das sugestões e da lógica de contingência a ser aplicada. Neste tema, claramente o foco não pode ser apenas na pesquisa teórica e acadêmica, mas sim, bastante próxima à realidade das empresas, que serão as maiores usuárias destes estudos, e enfrentam problemas muitas vezes desconhecidos.

Finalmente, destaca-se aqui o importante papel do engenheiro de produção no desenvolvimento de métodos de contingência mais adequados, tal como modelos de valoração de projetos de P&D mais próximos à realidade das empresas. O engenheiro de produção é parte vital para uma perspectiva sistêmica dos problemas enfrentados, tal como a percepção de como as restrições existentes se inter-relacionam e que tipo de métricas devem ser utilizadas para avaliar a obtenção de objetivos de importância estratégica dentro de um portfólio de projetos de P&D.

REFERÊNCIAS

BEAUJON, G. J.; MARIN, S. P.; MCDONALD, G. C. **Balancing and Optimizing a Portfolio of R&D Projects.** Naval Research Logistics, Vol. 48. Enterprise Systems Laboratory, General Motors R&D Center, Warren, Michigan 48090-9055, John Wiley & Sons, Inc, 2001. p.18-40.

BELLMAN, R., ZADEH, L.A. **Abstraction and Pattern Classification.** Journal of Mathematic Applications, Vol. 13, 1966. p. 1-7.

BERTSIMAS, D., NINO-MORA, J. **Restless Bandits, Linear Programming Relaxations and a Primal-Dual Index Heuristic.** Operational Research, Vol. 48, n. 1, 2000. p. 80–90.

BIRKINSHAW, J., NOBEL, R., RIDDERSTRALE, J. **Knowledge as a Contingency Variable: Do the Characteristics of Knowledge Predict Organization Structure?** Organization Science, Vol. 13, n. 3, May/ Jun. 2002, p. 274-289.

BHATTACHARYYA, R.; KUMAR, P.; KAR, S. **Fuzzy R&D portfolio selection of interdependent projects.** Computers and Mathematics with Applications, Vol. 62, Elsevier, 2011. p. 3857 – 3870.

BOER, F. P. **Financial Management of R&D 2002,** Research - Technology Management, Vol. 45, 2002. n.4, 2002

BOER, F. P. **Risk-adjusted Valuation of R&D Projects,** Research - Technology Management, Vol. 46, n.5, 2003. p.50 – 70.

BOOZ, ALLEN & HAMILTON. **New Product Management for the 1980s**. Nova Iorque, 1982.

BRENNER, M. S. **Practical R&D Project Prioritization**. Research Technology Management, Vol. 37, n. 5, 1994. p. 38 - 42.

BUCKLEY, J. J. **Fuzzy Hierarchical Analysis**. Fuzzy Sets and Systems, Vol. 17, 1985. p. 233–247.

CARLSSON, C; FULLER, R; HEIKKILÄ, M; MAJLENDER, P. **A fuzzy approach to R&D project portfolio selection.** International Journal of Approximate Reasoning, n. 44, Elsevier, 2007. p. 93-105.

CHEN, H. H.; LEE, A. H. I.; TONG, Y. **New Product Mix Selection for a High Technology Company in a Technology Innovation Network**. Journal of Technology Management in China, Vol. 1, n. 2, 2006. p. 174-189.

CHRISTENSEN, C. M.; KAUFMAN, S. P.; SHIH, W. C. **Innovation Killers: How Financial Tools Destroy Your Capacity to Do New Things**. Harvard Business Review, January, Boston, Massachusetts, Harvard Business School Press, 2008.

CLEWLOW, L.; STRICKLAND, C. **Implementing Derivatives Models**, John Wiley & sons, Inc., Chichester, 1998.

COHEN, L.; DIETHER, K.; MALLOY, C. **Misvaluing Innovation**. Working paper, Harvard University and Dartmouth College, 2012.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. **Portfolio management in new product development: Lessons from the leaders - I.** Research - Technology Management, Set/ Out 1997, Vol. 40, n. 5, ABI/ INFORM Global, 1997. p. 16- 28.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. **Portfolio management in new product development: Lessons from the leaders - II.** Research - Technology Management, Nov/ Dez, Vol. 40, n. 6, ABI/ INFORM Global, 1997. p. 43- 52.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. **Best Practices for Managing R&D Portfolios**. Research - Technology Management, Jul/ Ago, Vol. 41, n. 4, ABI/ INFORM Global, 1998. p. 20 – 33.

COOPER, R. G.; KLEINSCHMIDT, E. J. **An Investigation into the New Product Process Steps, Deficiencies and Impact.** Journal of Product Innovation Management, Vol. 3, n. 2, 1986. p.71-85.

COOPER, R. G.; KLEINSCHMIDT, E. J. **Winning Businesses in Product Development: Critical Sucess Factors.** Research and Technology Management, Vol. 39, n. 4, July/ August, 1996. p. 18-29.

CORDERO, R. **Managing for Speed to Avoid Product Obsolescence: A Survey of Techniques.** Journal of Product Innovation Management, Vol. 8, 1991. p.283–294.

COX, J. C.; ROSS, S. A.; RUBINSTEIN, M. **Option Pricing: A Simplified Approach.** Journal of Financial Economics, Vol. 7, 1979. p. 229-263.

DANIEL, K.; TITMAN, S. **Market Reactions to Tangible and Intangible Information**. Journal of Finance, Vol. 61, 2006. p. 1605-1643.

DIXIT, A.K.; PINDYCK, R. S. **Investment Under Uncertainty**. Princeton Press, Princeton, NJ, 1994.

EBERHART, A.; MAXWELL, W.; SIDDIQUE, A. **An Examination of the Long-Term Abnormal Stock Returns and Operating Performance Following R&D Increases**. Journal of Finance, Vol. 59, 2004. p.623-650.

GALBRAITH, J. R. **Designing Complex Organizations**. Addison-Wesley, Reading, MA, 1973. p.2.

HASSANZADEH, F.; COLLAN, M.; MODARRES, M. **A Practical Approach to R&D Portfolio Selection Using the Fuzzy Pay-Off Method**. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 20, n.4, August, 2012. p.615-622.

HASSANZADEH, F; MODARRES, M; SAFFARI, M. **A Robust Optimization Approach to R&D Portfolio Selection**. Operational Research Proceedings 2009, 2009. p. 451–456

HEIDENBERGER, K.; STUMMER, C. **Research and Development Project Selection and Resource Allocation: A Review of Quantitative Modeling Approaches**. International Journal of Management Rev., Vol. 1, 1999. p. 197 – 224

HILL, C.W.; JONES, G.R. **Strategic Management: An Integrated Approach**. Houghton Mifflin Company, Boston, MA, 1992. p. 274-291

HIRSHLEIFER, D. A.; HSU, P.-H.; LI, D. **Innovative Efficiency and Stock Returns,** Working Paper, UC-Irvine, 2010.

HOLLAND, H. J. **Adaptation in natural and artificial systems**, University of Michigan, 1975.

HSU, J.; SCHWARTZ, E. **A model of R&D valuation and the design of research incentives**. Insurance: Mathematics and Economics, n. 43, 2008. p. 350-367

HSUAN, J. **Capturing Market Access Factors in R&D Management**. Licentiate Thesis, Helsinki School of Economics and Business Administration, 1998.

HSUAN, J.; VEPSÄLÄINEN, A. P. J. **Capturing Market Access Factors in Research and Development. In:. Managing R&D into the 21st Century — Theory and Practice, The**

Tools of Trade; Proceedings of the R&D Management Conference, Manchester, UK, July 14– 16, Vol. 1. R&D Research Unit, Manchester Business School, UK (Chapter 26), 1997.

HSUAN, J.; VEPSÄLÄINEN, A. P. J. **Strategisches Portfolio-Management von FuE-Projekten. In: Möhrle, M.G. (Ed.), Der richtige Projekt- Mix: Erfolgsorientiertes Innovations- und FuE-Management**. Springer, Berlin, 1999. p. 53–72.

HUCHZERMEIER, A.; LOCH, C. H. **Project Management Under Risk: Using the Real Options Approach to Evaluate Flexibility in R&D.** Management Science, Vol. 47, n.1, January, 2001. p.85 – 101.

HWANG, Ch.-L.; MASUD, A. S. M. **Multiple Attribute Decision Making - Methods and Applications.** Berlin, Heidelberg, New York, 1979.

HWANG, Ch.-L.; YOON, K. **Multiple Attribute Decision Making - Methods and Applications.** Berlin, Heidelberg, New York, 1981.

KUEI, C. H.; LIN, C.; AHETO, J.; MADUS, C. N. **A Strategic Decision Model for the Selection of Advanced Technology.** International Journal of Production Research, Vol. 32, n. 9, 1994. p. 2117 - 2130.

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, n. 1, 1987. p. 12 - 18.

LOCH, C. H.; KAVADIAS, S. **Dynamic Portfolio Selection of NPD Programs Using Marginal Returns.** Management Science, Vol. 48, n. 10, October, 2002. p. 1227 – 1241.

LUO, L.; SHEU, H.; HU, Y. **Evaluating R&D Projects with Hedging Behavior.** Research - Technology Management, Nov-Dec, 2008. Industrial Research Institute, Inc.

MACMILLAN, I. C; MCGRATH, R. G. **Crafting R&D Project Portfolios.** Research-Technology Management, Vol. 45, n. 5, 2002. p. 48–59.

MIKKOLA, J. H. **Portfolio management of R&D projects: implications for innovation management.** Technovation, Vol. 21, 2001. p. 423 – 435.

MYERS, S. C.; HOWE, C. D. **A Life-Cycle Financial Model of Pharmaceutical R&D.** Program on the Pharmaceutical Industry, Massachusetts Institute of Technology, 1997.

MYERS, S. C; SHYAM-SUNDER, L. **Cost of Capital Estimates for Pharmaceutical Research and Development: Competitive Strategies in rhe Pharmaceutical Industry.** American Enterprise Institute, Washington DC, 1996.

NGUYEN, P; NIVOIX, S.; NOMA, M. **The valuation of R&D expenditures in Japan.** Accounting and Finance, Vol. 50, 2010. p. 899 – 920.

PORTER, M. E. **Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors**, The Free Press, 1985.

RIGOLON, F. J. Z. **Opções Reais e Análise de Projetos.** Textos para Discussão - BNDES, n. 66. Rio de Janeiro, Brasil, 1999.

ROBERTS, E.; BERRY, C. **Entering New Businesses: Selecting Strategies for Success.** Sloan Management Review. Spring, 1983. p.3-17.

ROUSSEL, P.; SAAD, K. N.; ERICKSSON, T. J. **Third Generation R&D. Managing the Link to Corporate Strategy.** Harvard Business School Press and Arthur D. Little Inc, 1991.

ROY, A.; KAR, S.; MAITI, M. **A Deteriorating Multi-item Inventory Model with Fuzzy Costs and Resources based on Two Different Defuzzification Techniques.** Applied Mathematical Modelling, Vol. 32, 2008. p.208–223.

TOLGA, A. Ç.; KAHRAMAN, C. **Fuzzy Multi-Criteria Evaluation of R&D Projects and A Fuzzy Trinomial Lattice Approach for Real Options**. Proceedings of 2008 3rd International Conference on Intelligent System and Knowledge Engineering, 2008. p. 418-423.

TRIGEORGIS, L. **Real Options**. MIT Press, Cambridge, MA, 1997.

VASANT, P.; KALE, H.S. **Introduction to Fuzzy Logic and Fuzzy Linear Programming,** 2008.

VILLANI, G. **Valuation of R&D Investment Opportunities with the Threat of Competitors Entry in Real Option Analysis.** Computational Economics, 2013.

WOUTERS, M. J. F.; ROORDA, B.; GAL, R. **Valuation of R&D Investments for New Products: A Real Options Approach Focusing on Key Uncertainties**. Proceedings of the 2009 IEEE IEEM, 2009. p. 1627 – 1631.

ZADEH, L.A. **Fuzzy sets.** Information Control, Vol. 8, 1965. p.338-353.

ZADEH, L.A.. **The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning.** Memorandum UCB/ ERL M 325, Berkeley, 1973.

ZANAKIS, S. H; MANDAKOVIC, T; GUPTA S. K.; SAHAY, S.; HONG, S. **A Review of Program Evaluation and Fund Allocation Methods Within the Service and Government Sectors.** Socio-Economic Planning Science, Vol. 29, n. 1, 1995. p. 59–79.

ZIMMERMANN, H.-J. **Fuzzy Set Theory and its Applications**, 3rd ed. Norwell, MA: Kluwer, 1996.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Visão Geral do Modelo de Contingência

Passo	Questão	Resposta	Opções	Situação da empresa	Tipo de Método
1	**Escolha a opção mais adequada à situação de sua empresa:**	C	A	Probabilidades de sucesso e estimativas financeiras do projeto de P&D podem ser obtidas com precisão.	VPL
			B	É possível adiar o investimento em P&D, pois a empresa pode comprar o direito de fazê-lo posteriormente.	Opções Reais
			C	Há imprecisão considerável nos dados de entrada e estimativas no projeto de P&D.	Programação *Fuzzy*
			D	Considerar opções adicionais.	Métodos Adicionais
2	**Escolha a condição mais próxima à enfrentada pela empresa:**	B	A	Existem opções ocultas (shadow), que exigem investimento inicial de recursos para obtenção de novas informações e obtenção de opções reais	
			B	Deseja-se avaliar os projetos de P&D por diversas métricas de satisfação, além do retorno financeiro	
			C	Há interdependência considerável entre os projetos, gerando restrições adicionais e impactos no benefício total do portfólio	

3 Recomendação

Método Selecionado	**Referência**	**Diretrizes**	**Fonte completa**
Abordagem Prática para a Seleção de Projetos no Portfólio de P&D com uso do Método de Retorno Fuzzy	HASSANZADEH et al., 2012	Determinar restrições aplicáveis (ex. orçamento, RH, tempo)	HASSANZADEH, F.; COLLAN, M.; MODARRES, M. 2012. A Practical Approach to R&D Portfolio
		Cálculo do valor da opção real no projeto com o método de Hassanzadeh et al. (2012)	
		Capacitação do staff para entendimento básico de programação fuzzy	
		Limitações	**Referência TF**
		Complexidade técnica, exigindo know-how sobre programação fuzzy	Seção 2.2.5.3.
		Possível sensibilidade a estimativas de intervalo otimistas ou pessimistas	
		-	

APÊNDICE B – Árvore Lógica do Modelo de Contingência

Opção	Tipo adequado	Ramos	Descrição do ramo
A	VPL	A	A empresa pertence ao setor farmacêutico, ou existe uma grande base de dados histórica para modelagem do ciclo de vida do produto
		B	A empresa busca maximizar o retorno do portfólio de P&D, obedecendo a metas de intenção estratégica
B	Opções Reais	A	A empresa pertence ao setor público, visando avaliar programas de P&D de vacinação
		B	O projeto de P&D tem pontos de decisão definidos entre fases de pesquisa, produção e comercialização
		C	Deve-se considerar múltiplos critérios na seleção dos projetos (Manufatura, Técnica, Marketing e Vendas e Retorno Financeiro) na seleção dos projetos. Há possibilidade de melhora o
		D	Existem variabilidades consideráveis em fatores como: retorno de mercado, orçamento do projeto, variabilidade de performance ou requisitos de mercado
		E	Existem incertezas-chave a serem consideradas na valoração de P&D, e estas são conhecidas pela gestão da empresa
		F	Existe a ameaça de entrada de competidores, que podem reduzir os retornos futuros do projeto de P&D.
		G	A empresa utiliza processo de decisão em *Stage-Gates* , e são conhecidas probabilidades de sucesso em cada estágio
C	Programação Fuzzy	A	Existem opções ocultas *(shadow),* que exigem investimento inicial de recursos para obtenção de novas informações e obtenção de opções reais
		B	Deseja-se avaliar os projetos de P&D por diversas métricas de satisfação, além do retorno financeiro
		C	Há interdependência considerável entre os projetos, gerando restrições adicionais e impactos no benefício total do portfólio
D	Métodos Adicionais	A	A empresa é capaz de diversificar seu risco com a compra de ativos de retorno oposto ao projeto *(hedging behavior*)
		B	Deseja-se selecionar a empresa mais adequada a receber um investimento de P&D, e há informações históricas disponíveis sobre elas
		C	A empresa pretende avaliar seus projetos do portfólio em termos de suas vantagens competitivas e benefícios aos clientes
		D	Há flexibilidade para mudar o investimento entre projetos de P&D ao longo do tempo, e o investimento não precisa ser totalmente alocado em um só projeto