

## MODELO DE ANÁLISE DE RISCO DE PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO INCORPORANDO O USO DE ELICITAÇÃO PROBABILIDADE SUBJETIVA

**Lucimário Gois de Oliveira Silva**

UFPE

Caixa Postal, 7471, Recife-PE, 50.630-971.

lucio\_gois@hotmail.com

**Adiel T. de Almeida Filho**

UFPE

Caixa Postal, 7471, Recife-PE, 50.630-971.

atalmeidafilho@yahoo.com.br

### RESUMO

A análise de risco para o desenvolvimento e lançamentos de novos produtos tem ganhado cada vez mais espaço como objeto de estudo devido à necessidade e velocidade da inovação nas organizações, estimulando o desenvolvimento de modelos e trabalhos relacionados a este tema. Neste trabalho será apresentada uma adaptação de modelos existentes na literatura para mensuração do risco a priori desses projetos em sua fase inicial de estudo, considerando a incerteza. Com esse objetivo é apresentado um modelo que incorpora opções reais com a elicitación da probabilidade subjetiva do especialista em relação à incerteza técnica, sendo essa incerteza modelada como probabilidade de sucesso ao longo do tempo.

**PALAVARAS CHAVE.** Análise de risco em projetos, conhecimento a priori, probabilidade subjetiva.

### ABSTRACT

New product development and release risk analysis had its importance in literature increased due to the growth in innovation demands and velocity, encouraging the development of new models and works regarding this topic. This paper presents an adapted model based on the literature regarding project development prior risk evaluation on its initial phase, considering uncertainty. With this goal is presented a model that incorporates real options and expert's knowledge elicitation of technical uncertainty, and this uncertainty is modeled as a probability of success over time.

**KEYWORDS.** Analysis of risk, Elicitation, Subjective Probability.

## 1. Introdução

Projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) associados a lançamentos de novos produtos têm trazido grandes desafios às empresas no que se refere à análise financeira. Existe uma vasta literatura criticando as métricas tradicionais. Como exemplo pode-se citar: Lint e Pennigs (1998), Mitchell e Hamilton (1988), Faulkner (1996). Segundo esses autores, as métricas como Taxa interna de retorno do investimento (TIR); retorno sobre o investimento (ROI) e valor presente líquido (VPL) tendem a subestimar o valor atual da pesquisa, pois não consideram o valor da flexibilidade associada a esse tipo de projeto.

Ainda sobre o ponto de vista desses autores, surge uma nova perspectiva para tais projetos. Essa classe de projeto possui como característica intrínseca a oportunidade de investimento futuro, portanto pode ser analisado pela teoria das opções reais (TOR) que considera a chegada de novas informações no decorrer do tempo.

Diferentemente das métricas tradicionais que apenas considera a opção de se investir ou não no projeto colocando os investidores no cenário de atuação passivo, o método das opções reais permite considerar outras opções ao longo do projeto como abandonar, continuar ou se for o caso postergar o projeto dependendo do cenário analisado.

Outra questão importante que a TOR considera é a incerteza. De acordo Dixit e Pyndik (1994), a flexibilidade gerencial inserida no contexto de incerteza que projetos de lançamento de novos produtos apresentam permite que informações novas sejam incorporadas no transcorrer do projeto e a partir delas o curso das ações pode ser mudado objetivando maximizar o resultado do projeto. Em relação às fontes de incerteza associadas ao lançamento de novos produtos, segundo Santiago e Bifano (2005) as informações referentes a esses projetos são imprecisas, dessa forma devido à incerteza se deve apenas inferir acerca de algumas variáveis do projeto.

Os autores geralmente focam principalmente em duas fontes de incerteza. Grenadier (1997) e Farzim (1998) focam na incerteza referente ao progresso tecnológica (incerteza técnica). Contudo, devem ser consideradas também fontes externas de incerteza, tal como o comportamento do consumidor. Segundo Tyagi (2006) a incerteza de mercado está relacionado com o valor futuro da inovação que por sua vez é fortemente relacionado com a demanda de mercado. A subjetividade no momento de se iniciar projetos desse tipo, traz uma intensa dificuldade na escolha do método. De acordo com Luehrman (1998), embora os autores tenham demonstrado de maneira eficaz as vantagens das TOR em relação às métricas tradicionais, eles não têm trabalhado tão bem em prover ferramentas práticas para abordagem dessa ferramenta.

Quando se trata do lançamento de produtos revolucionários, ou seja, produtos sem concorrentes no mercado, consideram-se as probabilidades associadas como sendo de caráter epistêmico, pois pelo caráter desses projetos não se dispõe de dados históricos que possam ajudar na mensuração do risco. De acordo com Campelo de Souza (2005), as probabilidades epistêmicas ou subjetivas descrevem os graus de crença parcial lógico ou psicológico de uma pessoa ou sistema intencional.

Dado esse caráter epistêmico, uma forma de lidar com a incerteza desses projetos é a elicitación do conhecimento a priori dos especialistas ligados ao projeto, pois apesar de existir na literatura trabalhos que incorporam a incerteza sobre a ótica das opções reais, existem pouca informação sobre trabalhos que incorporem a elicitación do conhecimento a priori as TOR quando essa se faz necessária como no lançamento de novos produtos onde a única forma de se extrair a incerteza acerca do projeto e através da elicitación do especialista envolvido diretamente com o projeto.

Conforme apresentado acima a literatura apresenta alguns modelos onde boa parte da incerteza tem caráter subjetivo, tais incertezas são tratadas de maneira simplória como árvores binomiais onde geralmente são expostas as chances de se obter sucesso ou não durante o desenvolvimento do projeto. Dessa forma mesmo que tais riscos tenham caráter subjetivo, não significa que os mesmos não possam ser mensurados com ajuda de especialistas com o emprego de técnicas e questionários adequados.

Esse artigo tem como objetivo apresentar um modelo teórico que integre a elicitación do conhecimento a priori dos especialistas com o objetivo de mensurar o risco associado ao lançamento de novos produtos. Como esse intuito, utiliza-se o modelo de Huchzermeir e Loch (2001), pois o mesmo apresenta as duas principais fontes de incertezas ligadas ao desenvolvimento de novos produtos: A incerteza referente ao mercado e a incerteza técnica. No entanto, o modelo é apenas empregado para determinar o valor médio de flexibilidade do projeto e as propriedades do modelo em relação a esse valor sem considerar o risco associado ao projeto.

O artigo é apresentado em 4 partes a primeira é esta que se segue a introdução, a segunda parte do artigo apresenta do que se trata a elicitación do conhecimento a priori do especialista, a terceira parte apresenta um modelo de opções reais baseado no trabalho de Huchzermeir e Loch (2001) adaptado para

incorporar a incerteza dos especialistas e na última parte do artigo analisa-se o modelo na presença de dados empíricos.

## 2. Elicitação do conhecimento do especialista

A elicitação consiste na determinação, através da extração do conhecimento de especialistas acerca de uma ou mais variáveis aleatórias, em uma distribuição de probabilidade (O' HAGAN , 2001). No contexto da estatística Bayesiana, a elicitação é usada para determinação de uma distribuição a priori que juntamente com o teorema de Bayes e a presença de novas informações gera uma distribuição a posteriori. No entanto, existem outros contextos onde é necessário o uso da elicitação do especialista.

Uma parte considerável da literatura se concentra na elicitação acerca de variáveis cuja inferência não pode ser feita pela inexistência de dados. Um exemplo básico que pode ser citado nesse sentido é a determinação do tempo de duração de atividades associada a projetos na técnica conhecida como PERT.

De maneira geral, existem dois elementos envolvidos no processo de elicitação: o especialista e o analista. O analista auxilia o especialista na tradução de seu conhecimento em uma distribuição de probabilidade dessa forma a presença desse elemento é importante principalmente no caso onde o especialista não possui um conhecimento estatístico básico apropriado.

Segundo O'Hagan (2005), alguns aspectos devem ser levados em consideração pelo analista no momento da elicitação que se ajusta a qualquer protocolo:

- Qualquer interesse financeiro ou pessoal que o especialista tenha no processo de elicitação deve ser declarada.
- É importante o treinamento dos especialistas em relação aos conceitos básicos que envolvem a teoria da probabilidade.
- Deve ser mantido um registro de gravação do processo de elicitação. Esse registro contém as perguntas feitas pelo facilitador juntamente com as respostas dadas pelo especialista.

Além de aspectos importantes a serem tomados no protocolo de elicitação, outro aspecto importante com um grande espaço de pesquisa a ser explorado é aspecto psicológico no processo de elicitação. Existe uma série de trabalhos que expõe as dificuldades que as pessoas podem enfrentar nesse processo. Esse campo de estudo é chamado de psicologia cognitiva que estuda basicamente como indivíduos se comportam no momento da tomada de decisão.

Como alguns desses fenômenos podemos citar (CAMPELO DE SOUSA, 2005):

- Efeitos de representatividade;
- As expectativas passivas e ativas, permanentes e transitórias;
- A percepção do conceito de probabilidade;
- Os vieses de imaginabilidade;
- A correlação de eventos conjuntivos e disjuntivos;
- O entendimento dos enunciados do questionário.

O segundo elemento é o especialista, do qual desejamos extrair o conhecimento em forma de probabilidade. A elicitação pode tomar dois caminhos possíveis: o primeiro trata de elicitações simples como média, variância e moda etc. O segundo tipo trata de ajustar o conhecimento do especialista a uma distribuição de probabilidade que representa a incerteza do especialista em relação à variável em estudo.

Na linha da distribuição de probabilidade, de acordo com O'Hagan (2006), o analista responsável pela elicitação pode seguir dois caminhos para determinar qual distribuição melhor se ajusta aos pontos elicitados ele pode simplesmente ajustar uma curva que melhor se aproxime dos pontos obtidos respeitando os axiomas da probabilidade, ou ainda, pode também optar para o ajuste a uma curva pertencente a uma família de distribuição de probabilidade paramétrica o que tornaria o trabalho mais fácil, pois dessa forma tem-se apenas que determinar os parâmetros da distribuição que melhor se ajusta aos pontos elicitados.

Ainda sob a ótica de O'Hagan(2006), o uso de uma família de distribuição paramétrica é o mais indicado quando se deseja utilizar uma distribuição a priori com dados adicionais em uma análise bayesiana. Essas densidades de probabilidades são escolhidas por apresentarem famílias conjugadas o que facilita análise subsequente quando os dados passam a ser disponíveis. Outra vantagem que essas famílias oferecem é que elas podem representar uma variedade de opiniões de especialistas à medida que seus parâmetros são variados.

## 3. O modelo

O artigo de Huchzermeir e Loch (2001) apresenta um modelo instrutivo onde o valor do projeto  $V$  está associado a cinco fontes de incerteza: Desempenho do produto, *payoff* (ganho de mercado), custo, tempo de duração do projeto e requerimento de mercado como visualizado pela equação 1 abaixo.

Para efeito didático com o objetivo de diminuir a dificuldade na análise, considera-se nessa seção o custo e tempo de duração como determinísticos.

$$V = f(\text{desempenho}, \text{custo}, \text{tempo}, \text{requerimento de mercado}, \text{Payoff de mercado}) \quad (1)$$

Como novidade além das opções tradicionais de abandonar ou continuar o projeto, os autores adicionam a opção melhoria que consiste em um adicional fixo na variável desempenho do projeto. Esse adicional também representa um custo extra no projeto além do custo fixo especificado para cada fase do projeto representando uma alocação adicional de recursos como aumento da mão de obra especializada ou aumento das instalações, etc.

Dado que o modelo trata de projetos multi-fase, o projeto é dividido em N fases sequenciais onde variável tempo assume os seguintes valores discretos  $t = 1; 2; \dots; N$ . Em cada fase é feita a revisão do projeto onde se escolhe a política que otimiza o seu valor. Tem-se o seguinte conjunto que representa o conjunto controle do projeto  $\theta = \{\text{continuar}; \text{abandonar}; \text{melhorar}\}$ .

A variável desempenho  $i$  representa o diferencial do produto. Essa variável representa uma característica que distingue o produto dos demais concorrentes. Como exemplo podemos citar o caso do computador onde a variável escolhida poderia ser a velocidade de processamento da CPU. O modelo considera que a cada transição essa variável possui  $q$  possibilidades de transição de estados cada uma com probabilidade  $p/q$ , onde  $p$  representa a probabilidade em se ter um avanço positivo na variável desempenho. Na realidade esse modelo nada mais é do que a extensão de um modelo de árvore de decisão que já vem a muito sendo utilizado em opções reais principalmente quando a análise recai sobre projeto de P&D ligados a industria farmacêutica. Considere a transição do estado de desenvolvimento de  $i$  para o estado de desenvolvimento  $j$  temos então seguintes probabilidades de transição de estado:

$$P_{ij} = \begin{cases} \frac{p}{q} \text{ se } j \in \left\{ i + \frac{1}{2}, \dots, i + \frac{q}{2} \right\} \\ \frac{1-p}{q} \text{ se } j \in \left\{ i - \frac{1}{2}, \dots, i - \frac{q}{2} \right\} \\ 0, \text{ Caso contrário} \end{cases} \quad (2)$$

Dessa forma que se  $p > 0,5$  tem-se uma chance maior de um avanço positivo na variável desempenho, sendo essa probabilidade distribuída igualmente entre as  $q$  possibilidades entre a variável em estudo. A equação de transição acima representa o caso em que a opção escolhida é continuar o projeto para a opção melhorar o projeto considera-se um adicional "I" que acrescenta um valor fixo a variável desempenho do projeto como pode ser visualizado na fórmula abaixo:

$$P_{ij} = \begin{cases} \frac{p}{q} \text{ se } j \in \left\{ i + I + \frac{1}{2}, \dots, i + I + \frac{q}{2} \right\} \\ \frac{1-p}{q} \text{ se } j \in \left\{ i + I - \frac{1}{2}, \dots, i + I - \frac{q}{2} \right\} \\ 0, \text{ Caso contrário} \end{cases} \quad (3)$$

O avanço de  $q/2$  na variável acima é apenas ilustrativo esse deslocamento pode assumir qualquer valor que depende exclusivamente da opinião dos especialistas podendo ser, inclusive, variável a cada transição de estado.

Tem-se então análise da função *Payoff*  $\Pi(i)$  de mercado juntamente com o variável requerimento de mercado  $D$  já que, de acordo com Huchzermeir e Loch (2001), essas duas variáveis de mercado estão co-relacionadas. O requerimento de mercado pode ser visto como a fração de consumidores que aprovam o produto quando esse assume um determinado nível de desempenho  $i$ . Seguindo o artigo de Kalyonaram e Krishan (1997), o modelo considera essa variável tem uma distribuição normal com média  $d$  e desvio padrão  $\sigma$  quando a análise é feita sob a ótica de mercado.

A função *Payoff* de mercado é interpretada da seguinte forma, se o requerimento de mercado for superado, a função terá um valor máximo  $M$ , caso contrário, terá um valor mínimo  $m$ , logo o resultado da função *payoff* é expresso pela seguinte equação:

$$\Pi(i) = f(i > D) \cdot M + (1 - f(i > D)) \cdot m \quad (4)$$

Onde  $f(i)$  representa a função densidade de probabilidade da variável requerimento de mercado. A função *Payoff* é obtida quando o produto é lançado no mercado, ou seja, apenas se conhece o ganho de mercado no lançamento do produto.

E por ultimo tem-se a formulação do custo em cada etapa do projeto:

$$C_t = \begin{cases} K_t & \text{se opção = continuar} \\ 0 & \text{se opção = abandonar} \\ K_t + \alpha_t & \text{se opção = melhorar} \end{cases} \quad (5)$$

Onde  $\alpha_t$  representa um custo adicional quando a opção melhorar é escolhida.

Dado que o Payoff do projeto é determinado apenas após a ultima fase de desenvolvimento em  $t=N+1$  o valor presente do projeto é determinado por meio da programação dinâmica estocástica usando o principio de Bellmans. Considerando o valor  $q=1$ , ou seja, o avanço da variável desempenho como binomial e o numero de fases  $N = 5$  tem-se a seguinte árvore de decisão representada pela figura abaixo:

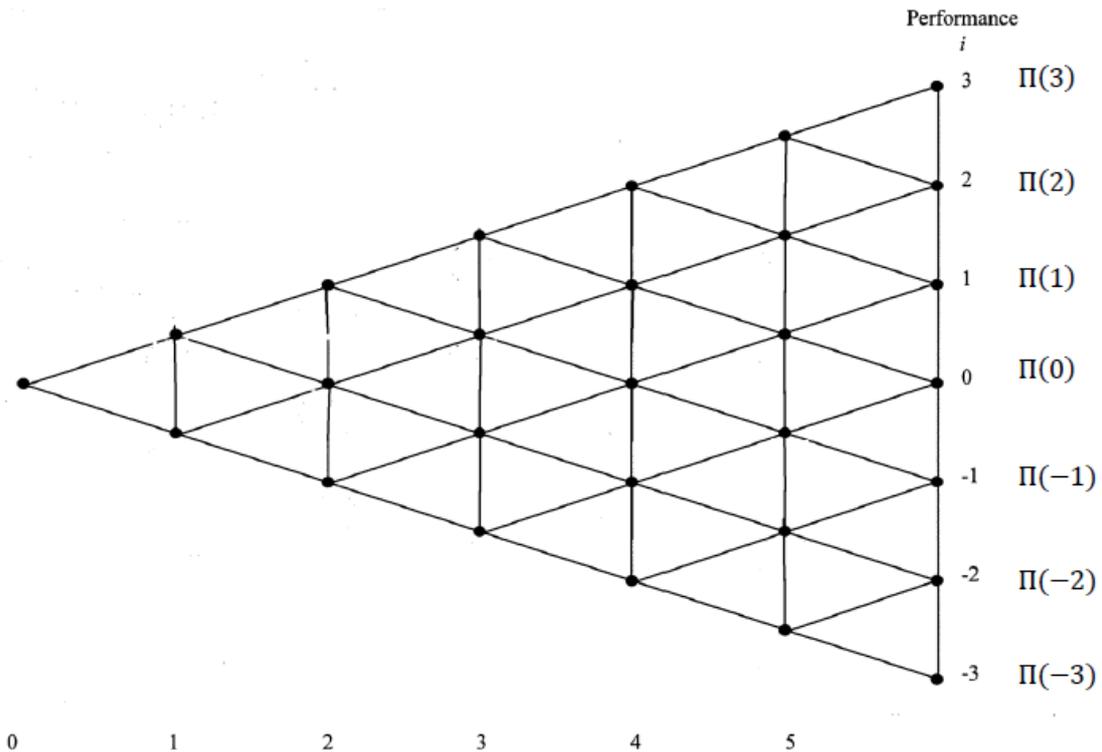


Figura 1 – Estados de desenvolvimento do projeto.  
Fonte : Modificado do artigo Huchzermeir e Loch (2001)

De acordo com a figura acima, o problema é então resolvido de frente para trás com as expressões de recorrência abaixo. Onde, primeiramente, gera-se o valor  $V_N$  os demais valores para  $t=\{N-1, N-2, \dots, 1, 0\}$  determinados pela expressão de  $V_t$ .

$$V_N = \max \begin{cases} \text{abandonar : } 0 ; \\ \text{continuar : } -C(T) + \sum_{j=1}^q \frac{p\Pi\left(i + \frac{1}{2}j\right) + (1-p)\Pi\left(i - \frac{1}{2}j\right)}{q(1+R)} ; \\ \text{melhorar : } -C(T) + \sum_{j=1}^q \frac{p\Pi\left(i + \frac{1}{2}j + 1\right) + (1-p)\Pi\left(i - \frac{1}{2}j + 1\right)}{q(1+R)} ; \end{cases}$$

$$V_i = \max \begin{cases} \text{abandonar} : 0; \\ \text{continuar} : -C(T) + \sum_{j=1}^q \frac{pV(i + \frac{1}{2}j) + (1-p)V(i - \frac{1}{2}j)}{q(1+R)}; \\ \text{melhorar} : -C(T) + \sum_{j=1}^q \frac{pV(i + \frac{1}{2}j + 1) + (1-p)V(i - \frac{1}{2}j + 1)}{q(1+R)}; \end{cases}$$

Dado que o valor do projeto é trazido até o tempo presente, deve-se considerar o valor monetário no tempo considerado pela taxa de desconto **R** nas expressões acima.

Considerando a incerteza técnica, reduz-se sem perda de generalidade o número de estados considerado na transição para Q=1 dessa forma temos um modelo Binomial com probabilidade de transição p. No caso de sucesso, o valor da variável desenvolvimento avança de 1/2, caso contrário, retrocede de - 1/2. No caso em que a política do projeto escolhida seja melhorar, o projeto sofre um aumento constante em uma unidade na variável desempenho. Esse deslocamento binomial da variável desempenho pode ser visualizado na figura abaixo:

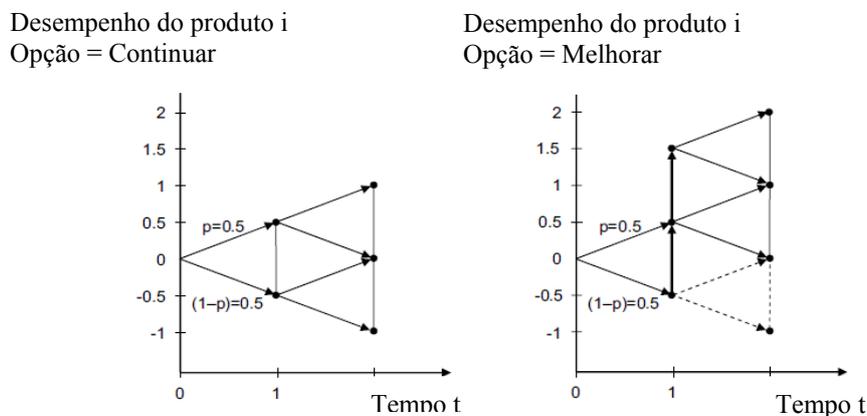


Figura 2 – avanço da variável desempenho do projeto ao longo do tempo  
Fonte: Modificado de Artmann (2009)

A principal idéia do modelo consiste em se considerar que inicialmente não se detém um valor preciso de p. Dessa forma o valor de p deve ser definido como uma densidade de probabilidade continua no intervalo entre 0 e 1. Dado que se trata de um modelo Binomial, tem-se como melhor distribuição para representar o valor de p a priori uma distribuição Beta. Considerando a estatística Baysiana a escolha da distribuição Beta é a mais adequada, pois a mesma é a conjugada da distribuição binomial.

Dessa forma a elicitaco deve se concentrar na determinao dos parâmetros alfa e beta. Seguem nas equaoes abaixo a funo de distribuo Beta e a determinao da média e da variânci em funo dos valores de alfa e beta:

$$\pi(p) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} p^{\alpha-1} p^{\beta-1}, p \in (0,1) \tag{6}$$

$$\text{Valor Esperado} = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \tag{7}$$

$$\text{Variânci} = \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta)^2(\alpha + \beta + 1)} \tag{8}$$

Um método de fácil compreensão e uso é o método usado no artigo de O' Hagan (1998) onde é elicitado de um grupo de especialistas um conjunto de cinco probabilidades cada uma pertencente a um intervalo diferente. Esses intervalos podem ser visualizados abaixo:

$$P_1 = (I, E)$$

$$P_2 = \left( I, \frac{I+E}{2} \right)$$

$$P_3 = \left( \frac{E+S}{2}, S \right)$$

$$P_4 = \left( I, \frac{I+3E}{2} \right)$$

$$P_5 = \left( \frac{3E+I}{2}, S \right)$$

Nos intervalos acima I indica o valor inferior S indica o valor superior E o valor mais provável, dado que estamos tratando de uma probabilidade nesse caso os valores de I e S não precisam ser elicitados, pois os mesmos já se encontram determinados em 0 e 1 respectivamente. Após a determinação das probabilidades e dos intervalos, determina-se a distribuição beta que melhor se aproxima dos pontos determinados.

Dado que a distribuição beta é uma distribuição contínua, pode-se determinar com auxílio da simulação Monte Carlo, uma distribuição a priori do valor presente do projeto e dessa forma analisar o risco associado ao projeto através do seu desvio padrão.

#### 4. Análise do modelo

Como visto na seção anterior, além da incerteza de mercado (Payoff), representado pela média e o desvio padrão de mercado, foi adicionado ao modelo à incerteza técnica representada por uma distribuição beta da probabilidade de sucesso ao longo da fase de revisão do projeto.

Para ilustrar o uso do modelo foi feita uma aplicação utilizando dados de um problema da literatura e simulação para considerar a incerteza.

Incorporar no modelo a incerteza do especialista em relação à probabilidade de sucesso com o objetivo de verificar a incerteza no valor do projeto diferentemente do modelo de Huchzermeir e Loch (2001) que apenas considera o impacto da incerteza no valor do projeto.

O risco do projeto é obtido via simulação Monte Carlo usando-se para esse fim dados empíricos obtidos do trabalho de Huchzermeir e Loch (2001) para verificar a efetivação do modelo.

Os dados utilizados no exemplo são os seguintes:

Valor máximo pago pelo mercado quando a expectativa é superada M=280.

Valor mínimo m=0;

Média do requerimento de mercado igual D=0;

Desvio padrão do requerimento de mercado = 2;

Taxa de desconto do projeto r=8%;

Probabilidade de sucesso p = 0,5;

Número de transição de estados N= 6.

A tabela abaixo mostra o custo do projeto ao longo do tempo:

Tempo	Custo Continuar	Custo Melhorar
0	1,0	6,0
1	2,0	20,0
2	4,0	25,0
3	8,0	30,0
4	20,0	35,0
5	50,0	45,0

Tabela 1 – Custo do projeto ao longo do tempo

Fonte: Elaboração própria

Para uma simulação do modelo considerou-se o número de interações igual a 10.000 e uma distribuição beta com parâmetros  $\alpha = 3$  e  $\beta = 3$ , pois se tem como média para probabilidade 0,5 o modelo foi simulado com o software Crystall Ball obtendo-se o seguinte gráfico para distribuição a priori do valor do projeto:

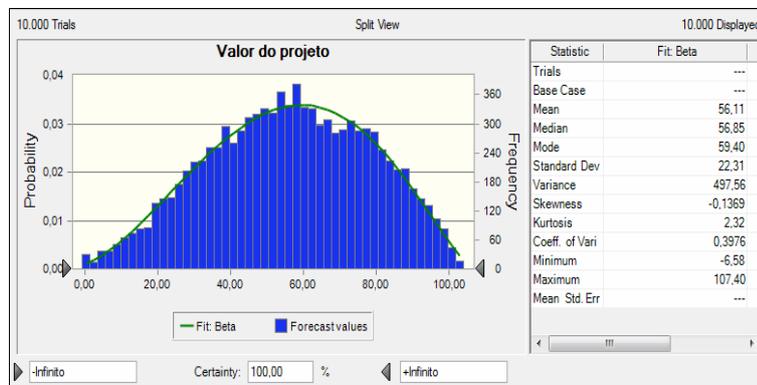


Figura 3 - Distribuição a priori do valor do projeto  
Fonte: simulação feita no Cristal Ball

Pela figura acima, percebe-se primeiramente que a média permanece a mesma quando se considera o valor de  $p$  determinístico cobrigido em torno de 56,11 no caso simulado acima e 56,6 quando se considera o valor de  $p$  determinístico igual a 0,5. A vantagem do modelo aparece com uma medida adicional para o risco através da mensuração do desvio padrão do projeto que no presente caso simulado é 22,31. Observe ainda que a distribuição é truncada em 0 isso ocorre porque devido a escolha da política ótima que não admite valores negativos para o valor do projeto.

O risco do valor do projeto está associado basicamente à incerteza técnica e a incerteza de mercado. Dessa forma devem-se analisar cada uma dessas fontes de incerteza separadamente. Essas análises são mostradas nas tabelas abaixo:

Desvio padrão Mercado	Valor do projeto	Desvio padrão Projeto
0,5	86,25	15,74
1,0	76,26	19,72
1,5	65,38	21,41
2,0	56,87	22,51
2,5	48,39	22,23
3,0	42,92	22,40

Tabela 2 – Comportamento do projeto em relação ao mercado  
Fonte: Elaboração própria

Distribuição usada	Valor do projeto	Desvio padrão Projeto
Beta(6,6)	56,53	16,64
Beta(5,5)	56,10	17,96
Beta(4,4)	56,44	19,95
Beta(3,3)	56,11	22,22
Beta(2,2)	56,11	26,34

Tabela 3 – Comportamento do projeto em função da incerteza técnica  
Fonte: Elaboração própria

A tabela 2 mostra o comportamento do desvio padrão do valor do projeto em relação ao desvio padrão do requerimento de mercado quando se mantem os parâmetros constantes para  $p = \text{beta}(3,3)$  e a média de requerimento de mercado igual 0 a medida que a incerteza em relação ao mercado diminui espera-se que a incerteza em relação ao valor do projeto diminua. Inicialmente, esse comportamneto

ocorre, no entanto quando o desvio padrão do mercado atinge um valor de 2,5 o desvio padrão passa a inverter o comportamento. Em relação ao valor do projeto, ele diminui a medida que o desvio padrão do mercado aumenta, pois o aumento no desvio padrão torna mais difícil atingir o requerimento de mercado.

Quando analisamos o comportamento do risco associado ao valor do projeto em relação a probabilidade de sucesso, buscou-se a análise através de distribuições que possuam o mesmo valor esperado, mas riscos diferentes através do seu desvio padrão. Esse comportamento pode ser observado direto da tabela 2, percebe-se que o valor esperado para projeto permanece o mesmo como era esperado no entanto quando voltamos nossa análise para o desvio padrão do projeto percebe-se diferenças substanciais nos riscos dos projetos envolvidos como pode ser observado pelos riscos associados as distribuições Beta(6,6) e Beta(3,3). Dessa forma distribuições que possuem desvios padrões terão projetos com riscos diferentes.

## 5. Conclusão

Neste artigo, foi apresentado um modelo que integra um modelo de opções reais com um procedimento de elicitación do conhecimento do especialista com o objetivo de extrair o risco de projetos que envolvem o lançamento de novos produtos. Considerou-se como alvo para elicitación, a probabilidade de sucesso ao longo da variável desempenho do projeto  $i$ . Com esse objetivo, foi considerado que o avanço da variável acompanha o modelo binomial durante as fases do projeto. Sendo a distribuição Beta, pelas suas características, a escolhida para extração do risco dos especialistas por considerar que o uso de uma distribuição de probabilidade pode ser mais adequada para representar a incerteza que uma estimativa pontual.

Através da utilização de um software que utiliza simulação Monte Carlo e dados empíricos, foi simulado o comportamento da proposta que utiliza a distribuição Beta para quantificar a incerteza e verificou-se que o risco associado ao valor a priori do projeto sofre influência dos dois principais tipos de incerteza associados ao lançamento de novos produtos a incerteza tecnológica e a incerteza mercadológica.

Em relação ao risco elicitado a cerca da probabilidade de sucesso, mostrou-se através do modelo apresentado, que projetos que detêm o mesmo valor médio podem apresentar riscos substancialmente diferentes que depende do tipo de distribuição elicitada pelos especialistas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e à Capes pelo apoio na realização do trabalho.

## Referências

- ARTMANN, C. *The Value of Information Updating In New Product Development*. Lectures Notes in Economics and Mathematical Systems, 620, Springer, 2009.
- CAMPELO DE SOUZA, F. M. *Decisões Racionais em Situação de Incerteza*. 2ed Recife, 2005.
- DIXIT, A. K. & PINDYCK, R. S. *Investment Under Uncertainty*. New Jersey: Princeton University Press, 1994.
- FARZIN, Y.; HUISMAN, K. e KART, P. *Optimal Timing of Technology Adoption*, Journal of Economic Dynamic and Control, 22, 5, 779-799, 1998.
- FAULKNER, T. W. *Applying Options Thinking to R&D Valuation*, Research Technology Management, May / June, p. 43 - 56, 1996.
- GRENADIER, S e WEISS, A. *Investment in Technological Innovations: An Option Pricing Approach*, Journal Of Financial Economics, 44, 3, 397-416, 1997.
- HUCHZERMIEER, A. e LOCH, C. H. *Management Under Risk: Using Real Option To Evaluate Flexibility in R&D*. Management Science, 47, 85-101, 2001.
- KALYANARAM, G. e KRISHNAM, V. *Deliberate Product Definition: Customizing the Product Definition process*, Journal Marketing Resource, 34, p. 276-285, 1997.



- LINT, O. e PENNING, E.** *R&D as an Option on Market Introduction*, R&D Management 28, 4, p. 279 – 287, 1998.
- LUEHRMAN, T. A.** *Investment Opportunities as Real Option: Getting started on the Numbers Howard*, Business Review, July / August, V. 76, n. 4, p. 51-67, 1998.
- MITCHELL, G. R. e HAMILTON, W. F.** *Managing R&D as Strategic Option*. Research Technology Management, May / June, p. 15-22, 1988.
- O' HAGAN, A.** *Eliciting Beliefs in Substantial Practical Application*. The Statistician Vol. 47, p. 21-35, 1998.
- O' HAGAN, A.; BUCK, C. E.; DANESKHAH, A.; EISER, J. R.; GARTHWAIT, P. H.; JENKISON, D. J.; RAKOW, T.** *Uncertain Judgment: Eliciting Expert's Probabilities*. Statistics in practice; Wiley, 2006.
- O'HAGAN, A.; GARTHWAITE, P. H. e KADANE, J. B.** *Statistical Methods for Eliciting Probability Distribution*. Journal of the American statistical Association. Vol. 100, 470, 680 – 701, 2005.
- SANTIAGO, L. P. e BIFANO, I. G.** *Management of R&D Projects Under Uncertainty: A Multidimensional approach To manager flexibility*. IEEE Transaction on Engineering Management, 52, 269 – 280, 2005.
- TYAGI, R.** *New Product Introduction and Failure under Uncertainty*. International Journal of Research in Marketing, 23, 2, 199-213, 2006.